

# **EVALUERING VAN GRONDVOORBEREIDINGSPRAKTYKE WAT IN DIE WINGERDBEDRYF UITGEVOER WORD IN TERME VAN GESELEKTEERDE GRONDFISIESE EIENSKAPPE**

Daniël Jacobus Kritzinger

Tesis ingelewer ter gedeeltelike voldoening aan die vereistes  
vir die graad van Magister in Landbou (Grondkunde) in die Fakulteit Agriwetenskappe  
aan die Universiteit van Stellenbosch



Studieleier: Dr. J.E. Hoffman

Mede studieleier: Dr. P.H. Myburgh

Datum: Maart 2011

## Verklaring

Deur hierdie tesis elektronies in te lewer, verklaar ek dat die geheel van die werk hierin vervat, my eie, oorspronklike werk is, dat ek die alleenouteur daarvan is (behalwe in die mate uitdruklik anders aangedui), dat reproduksie en publikasie daarvan deur die Universiteit van Stellenbosch nie derdepartyregte sal skend nie en dat ek dit nie vantevore, in die geheel of gedeeltelik, ter verkryging van enige kwalifikasie aangebied het nie.

.....

Daniël Jacobus Kritzinger

.....

Datum

## OPSOMMING

Die studie is in die Wes-Kaap Provinsie gedoen om die effek van grondvoorbereiding op geselekteerde grondfisiese eienskappe te ondersoek. Hierdie studie is genoodsaak deur die nadelige gevolge wat hoë gronddigtheid op die groei en produksie van 'n wingerdstok het. Grondvoorbereiding in Suid-Afrika word toegepas om beperkende lae in die ondergrond te verwyder en sodoende 'n groter grondvolume vir wortelgroei beskikbaar te stel. Die vraag is egter of dit altyd noodsaaklik is weens die vernietiging van voorkeur vloei kanale en die hoë kostes wat daarmee gepaard gaan. Die studie sluit verskillende grondvorme, verskillende dieptes van bewerking en verskillende tipes bewerking in asook hoe die toestande met verloop van tyd verander. Grondfisiese eienskappe wat ondersoek is, sluit in: bulkdigtheid (kluitmetode), infiltrasie ("mini disk" - en dubbelring infiltrometer), skuifsterkte (skroefbladmeter), grondsterkte (penetrometer) en wortelverspreidings (profielwand metode). Die studie is uitgevoer by drie verskillende proeflokaleiteite, nl. Nietvoorbij, Kanonkop en Broodkraal.

Die vernaamste bevinding was dat die grondvoorbereidingsbehandelings se voordelige effek oor die langtermyn, na 25 jaar, steeds duidelik waarneembaar was. Die bulkdigtheid, skuifsterkte, penetrasieweerstand en infiltrasie met dubbelring infiltrometer van die dieper grondbewerkingspraktyke was aansienlik laer as die kontrole behandelings (onversteurde grond) gewees. Die grondvoorbereidingsaksies vlakker as 60 cm het tot 'n mate weer herverdig. Hidrouliese geleiding met minidisk infiltrometer het baie wisselvallige resultate opgelewer. Dit is hoofsaaklik omdat die meting die geleiding deur die hele profiel verteenwoordig en daar baie faktore is wat dit kan beïnvloed. Die wortelverspreiding het met diepte van grondbewerking toegeneem en die langtermyn voordelige effek was duidelik by Nietvoorbij in die dieper (> 60 cm) grondvoorbereidingsbehandelings sigbaar. Die twee grondvoorbereidingspraktyke (dolbewerking en "soilmix") by Kanonkop het nie betekenisvol van mekaar verskil nie, alhoewel die effek van sekondêre kompaksie soos veroorsaak deur die "soilmix" implement, duidelik was. Herverdigting oor die tydperk van 'n jaar was duidelik tussen die 2009- en 2010 bewerking by Broodkraal. Die metingsmetodes waarmee die grondfisiese eienskappe ondersoek is, het almal goeie resultate gelever. By al die proeflokaleiteite het die bewerkingsbehandelings oor die algemeen beter resultate as die kontrole-behandelings (onversteur) gelever. Hoe langer die tydperk na grondvoorbereiding hoe kleiner was die verskil tussen die bewerkingsbehandelings en die kontrole. Herverdigting het wel voorgekom en daarom sal grondvoorbereiding moontlik weer toegepas moet word wanneer nuwe aanplantings gemaak word.

## ABSTRACT

The study was conducted in the Western Cape Province to investigate the effect of soil preparation on selected soil physical properties. This study was necessitated by the negative effects that high soil bulk density has on the growth and production of a vine. Soil preparation in South Africa are applied to remove root limiting layers in the subsoil and to create a larger soil volume for root growth. The question is whether it is always necessary because of the destruction of macropore structure and also the high costs that is involved. The study includes different soil forms, different depths of tillage, different tillage operations and also the change of soil physical properties with time. Soil physical properties that was investigated include, bulk density (cloth method), infiltration (mini disk infiltrometer and double ring infiltrometer), shear strength (pocket vane tester), soil strength (penetrometer) and root distribution (profile wall method).

The main finding was that the positive effects of soil preparation were still clear after 25 years. The bulk density, shear strength, penetration resistance and infiltration with the double ring infiltrometer of the deeper soil preparation practices were considerably lower than those of undisturbed soil. Soil preparation shallower than 60 cm recompact more than the deeper tillage treatments. Hydraulic conductivity with the mini disk infiltrometer yielded mixed results. This was mainly because measurements represented hydraulic conductivity through the whole profile and therefore can be influenced by many factors. Root distribution has increased with depth of tillage and the effect was clear at Nietvoorbij in the deeper (> 60 cm) soil preparation treatments. There were no significant difference between the two soil preparation methods (delf plough and soilmix) at Kanonkop, although the effect of secondary compaction by the soilmix was quite clear. Recompaction over a year was clear in the 2009 and 2010 tillage treatments at Broodkraal. The methods that were used to determine the soil physical properties have all yield good results. At all the sites the tillage treatments generally yielded better results than the undisturbed soils. It was also clear that the longer the time after tillage the smaller become the difference between the tillage treatments and the undisturbed soils. Recompaction did occur and therefore soil preparation might possibly be applied again before new vines wants to be planted.



## **BEDANKINGS**

My studie leier, Dr. Eduard Hoffman, vir sy ondersteuning, aanmoediging en leiding in die suksesvolle voltooiing van hierdie studie.

Winetech vir die befondsing van die projek en hul finansiële ondersteuning.

Alle lede van die Departement Grondkunde vir hul bydrae en hulp met laboratorium werk.

Vriende en familie se ondersteuning, moed in praat en hulp aanbied sover hulle kan.

My ouers vir jare se ondersteuning, aanmoediging en gebede.

Hemelse Vader wat my die vermoëns en krag gegee het om hierdie studie te voltooi. Aan Hom al die lof en die eer.

# INHOUDSOPGAWE

Verklaring .....	ii
OPSOMMING .....	iii
ABSTRACT .....	iv
BEDANKINGS .....	v
INHOUDSOPGAWE .....	vi
LYS VAN FIGURE .....	viii
LYS VAN TABELLE .....	x
LYS VAN BYLAE .....	xi
1. INLEIDING .....	12
2. LITERATUUR OORSIG .....	13
2.1. Inleiding .....	13
2.2. Agtergrond .....	14
2.2.1. Grondbewerking .....	14
2.2.2. Bulkdigtheid .....	14
2.2.3. Grondstruktuur.....	14
2.2.4. Grondtekstuur .....	15
2.3. Grondkompaksie in wingerd .....	15
2.4. Grondsterkte en skuifsterkte.....	19
2.4.1. Grondsterkte .....	19
2.4.2. Skuifsterkte.....	21
2.5. Infiltrasie en Hidrouliese geleiding .....	22
3. MATERIAAL EN METODES .....	24
3.1. Studiegebied .....	24
3.1.1. Klimaat .....	24
3.1.2. Proefpersele .....	24
3.2. Metings.....	31
3.2.1. Grondchemiese eienskappe .....	31
3.2.2. Deeltjiegrootte ontleding.....	31
3.2.3. Bulkdigtheid .....	31
3.2.4. Skuifsterkte.....	32
3.2.5. Grondsterkte .....	33
3.2.6. Versadigde vloei .....	34
3.2.7. Onversadigde vloei .....	35
3.2.8. Wortelverspreiding .....	37
4. RESULTATE EN BESPREKING .....	38
4.1. Geselekteerde grondchemiese ontledings .....	38
4.2. Bulkdigtheid .....	38
4.3. Skuifsterkte.....	44
4.4. Grondsterkte .....	48
4.5. Versadigde vloei (Dubbelring infiltrometer).....	49
4.6. Onversadigde vloei (Mini disk infiltrometer) .....	54

4.7. Wortelverspreiding .....	56
5. GEVOLGTREKKINGS .....	63
BRONNELYS.....	67
Bylaag 1 .....	78
Langtermyn gemiddelde klimaatsdata .....	78
Bylaag 2 .....	81
Profielbeskrywings .....	81
Bylaag 3 .....	88
Deeltjiegrootte-verspreiding .....	88
Bylaag 4 .....	93
Bulkdigthede .....	93
Bylaag 5 .....	96
Skuifsterkte .....	96
Bylaag 6 .....	99
Grondsterkte .....	99
Bylaag 7 .....	102
Infiltrasie met dubbelring infiltrometer .....	102
Bylaag 8 .....	107
Hidrouliese geleiding.....	107

## LYS VAN FIGURE

Figuur 1. Skematiese voorstelling van die verskillende tipes en posisies van grondkompaksie wat voorkom in wingerde (Van Huyssteen, 1981).....	17
Figuur 2a en b. Liggingskaart wat verskillende proefpersele aandui, met (b) 'n vergroting van (a) (Google Earth Okt 2010).....	25
Figuur 3. Sloopgrawer waarmee grondvoorbereiding by Nietvoorbij uitgevoer is.....	27
Figuur 4a en b. Skeurploeg bewerking gevolg deur dolbewerking.....	29
Figuur 5a en b. "Soilmix" implement waarmee grondvoorbereiding by Kanonkop uitgevoer is. ....	30
Figuur 6. Hand-skroefbladmeter vir die bepaling van skuifsterkte (Pocket vane tester - Eijkelkamp agrisearch equipment).....	32
Figuur 7. Hand-skroefbladmeter wat pas met 3 verskillende skroewe vir verskillende tekstuurklasse. ....	33
Figuur 8. Dubbelring infiltrometer vir bepaling van versadigde vloei.....	35
Figuur 9. Mini disk infiltrometer vir die bepaling van onversadigde vloei.....	36
Figuur 10. Wortelrooster wat gebruik is vir die bepaling van wortelverspreiding. ....	37
Figuur 11. Gemiddelde verandering van bulkdigtheid met diepte van die verskillende vlak (<60 cm) grondbewerkingsbehandelings by die Nietvoorbij proeflokaliteit bepaal. Bulkdigthede per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word, Figuur 11 en 12 word saam vergelyk i.t.v. simbole (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).....	41
Figuur 12. Gemiddelde verandering van bulkdigtheid met diepte van die verskillende diep (>60 cm) grondbewerkingsbehandelings by die Nietvoorbij proeflokaliteit bepaal. Bulkdigthede per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).....	42
Figuur 13. Gemiddelde verandering van bulkdigtheid met diepte van die verskillende tye na diep grondbewerking by Broodkraal bepaal. Bulkdigthede per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).....	43
Figuur 14. Gemiddelde verandering van bulkdigtheid met diepte van die verskillende diep grondbewerkingsbehandelings by Kanonkop bepaal. Bulkdigthede per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).....	44
Figuur 15. Gemiddelde verandering van skuifsterkte met diepte van die verskillende vlak (<60 cm) grondbewerkingsbehandelings by die Nietvoorbij proeflokaliteit bepaal. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA). ....	45
Figuur 16. Gemiddelde verandering van skuifsterkte met diepte van die verskillende diep (>60 cm) grondbewerkingsbehandelings by die Nietvoorbij proeflokaliteit bpaal. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA). ....	46
Figuur 17. Gemiddelde verandering van skuifsterkte met diepte van die verskillende tye na diep grondbewerkings by Broodkraal bepaal. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).....	47
Figuur 18. Gemiddelde verandering van skuifsterkte met diepte van die verskillende diep grondbewerkingsbehandelings by Kanonkop bepaal. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).....	48

Figuur 19a en b. Effek van verskillende dieptes van bewerking op penetrometerweerstand (Nietvoorbij) in a): vlak (<60 cm) grondbewerkings en b): diep (>60 cm) grondbewerkings.	50
Figuur 20. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer vir die vlakker bewerkings (< 60 cm), soos by Nietvoorbij bepaal (KBV p=0.05; Bonferroni toets - STATISTICA).	52
Figuur 21. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer vir die dieper bewerkings (> 60 cm), soos by Nietvoorbij bepaal (KBV p=0.05; Bonferroni toets - STATISTICA).	52
Figuur 22. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer, soos by Broodkraal bepaal (KBV p=0.05; Bonferroni toets - STATISTICA).	53
Figuur 23. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer, soos by Kanonkop bepaal (KBV p=0.05; Bonferroni toets - STATISTICA).	53
Figuur 24. Hidrouliese geleiding van die vlakker bewerkings (<60 cm) met die mini disk infiltrometer, soos by Nietvoorbij bepaal (KBV p=0.05; Bonferroni toets - STATISTICA).	55
Figuur 25. Hidrouliese geleiding van die dieper bewerkings (>60 cm) met die mini disk infiltrometer, soos by Nietvoorbij bepaal (KBV p=0.05; Bonferroni toets - STATISTICA).	55
Figuur 26. Hidrouliese geleiding van twee verskillende grondvoorbereidingspraktyke met die minidisk infiltrometer, soos by Kanonkop bepaal (KBV p=0.05; Bonferroni toets - STATISTICA).	56
Figuur 27. Wortelverspreiding van die Kontrole-behandeling by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	58
Figuur 28. Wortelverspreiding van 40 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	58
Figuur 29. Wortelverspreiding van 60 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	59
Figuur 30. Wortelverspreiding van die Operd-behandeling by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	59
Figuur 31. Wortelverspreiding van 80 cm bewerking met besproeiing by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	60
Figuur 32. Wortelverspreiding van 80 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	60
Figuur 33. Wortelverspreiding van 100 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	61
Figuur 34. Wortelverspreiding van 120 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	61
Figuur 35. Wortelverspreiding van Skeurploeg en Dol behandeling by Kanonkop. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	62
Figuur 36. Wortelverspreiding van Skeurploeg en "Soilmix" behandeling by Kanonkop. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), ✕ = Medium (2-5 mm), ○ = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).	62

## LYS VAN TABELLE

Tabel 1. Grondvolume proef – Nietvoorbij, Stellenbosch (Myburgh, P.A., Van Zyl, J.L., en Conradie, W.J., 1996).....	26
Tabel 2 Grondchemiese ontleding van bewerkingsbehandelings by Nietvoorbij.....	39
Tabel 3. Grondchemiese ontleding by Kanonkop.....	39
Tabel 4 Grondchemiese ontleding by Broodkraal.....	40
Tabel 5. Gemiddelde grondsterkte per diepte soos geaffekteer deur diepte van grondbewerking – Nietvoorbij. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV $p=0.05$ ; Bonferroni toets –STATISTICA). ....	49

## LYS VAN BYLAE

Bylaag 1 .....	78
Bylaag 2 .....	81
Bylaag 3 .....	88
Bylaag 4 .....	93
Bylaag 5 .....	96
Bylaag 6 .....	99
Bylaag 7 .....	102
Bylaag 8 .....	107

# 1. INLEIDING

Die ontwikkeling van 'n wingerdstok gedurende die eerste paar jaar na plant is baie belangrik vir uiteindelijke produksiepotensiaal. Indien 'n wingerdstok se ontwikkeling na plant gestrem word, sal dit nie later in 'n hoogs produserende wingerdstok ontwikkel nie. Daarom moet alle moontlike beperkende faktore voor plant, tydens grondvoorbereiding, uitgeskakel word. Dit is belangrik om in ag te neem dat beperkende grondfaktore dikwels in die dieper grondlae voorkom wat regstelling na plant feitlik onmoontlik maak. Grondvoorbereiding stel 'n groter grondvolume vir wortelgroei beskikbaar. Die grond het dus 'n beter buffervermoë teen die invloed van ongunstige klimaats- en voedingstoestande (Van Huyssteen, 1981). Myburgh, Van Zyl en Conradie (1996) het gevind dat diep grondvoorbereiding die kapasiteit van die grondwaterstoor vir die wingerdstok verhoog. Indien hierdie water deur die seisoen vir die wingerdstok vrygestel word kan duur besproeiingstelsels uitgeskakel word. Grondvoorbereidingsdieptes van ten minste 800 - 1000 mm word daarom voorgestel, maar grondvoorbereiding tot hierdie dieptes dra ongelukkig by tot die hoë kostes van wingerdvestiging.

Die vraag ontstaan dikwels of grondvoorbereiding noodsaaklik is weens die hoë kostes daarvan, die vernietiging van voorkeur vloei kanale asook die risiko dat te geil groeitoestande geskep word. Herverdigting is ook 'n probleem wat voorkom en grondvoorbereiding is dan moontlik weer noodsaaklik voordat nuwe aanplantings gemaak word. Die diepte van grondvoorbereiding is 'n belangrike faktor wat in ag geneem moet word omdat daar altyd die risiko is dat vlak bewerkte grond vinniger herkompakteer as diep bewerkte grond. Grondfisiese eienskappe kan met verskeie metodes ondersoek word en daar is dikwels die vraag oor watter metode die mees geskikste is.

Die doel van die studie is om die effek van grondbewerking op die grondfisiese eienskappe te bepaal; te bepaal of grondvoorbereiding oor die langtermyn volhoubaar is en of die effek van herverdigting herhaalde grondvoorbereiding vereis; die mees effektiewe diepte van grondvoorbereiding te ondersoek; asook om te bepaal watter metingsmetode grondfisiese eienskappe die beste evalueer.



## 2. LITERATUUR OORSIG

### 2.1. Inleiding

Grondvoorbereiding vir wingerdvestiging is meer intensief en van groter belang in Suid-Afrika as in die meeste ander wynboulende van die wêreld. Hierdie gebruik van intensiewe grondvoorbereiding is hoofsaaklik weens beperkte diepte en swak fisiese struktuur van die meeste wingerdgronde in Suid-Afrika. Die doel van grondvoorbereiding in hierdie gevalle is om beperkende lae in die grond tot 'n diepte van ten minste 1000 mm op te breek (Myburgh *et al.*, 1996). Daarmee saam kan grondlae van uiteenlopende en wisselende tekstuur vermeng word en ongunstige chemiese toestande soos grondsuurheid of brak kan d.m.v. ameliorante verbeter word. Dit sal dan 'n groter grondvolume vir wortelgroei van die wingerdstok beskikbaar stel en die grond sal dus oor 'n beter buffervermoë teen die invloed van ongunstige klimaats- en voedingstoestande beskik (Van Huyssteen, 1981). Sodoende kan die intensiteit van besproeiing en bestuur ook verminder word. Volgens Taylor (1976) is die hoofvoordeel van grondvoorbereiding die addisionele grondwater wat aan die plant beskikbaar gestel word wat uiteindelik tot oesverbetering aanleiding gee.

Fisiese eienskappe van grond wat deur bewerking beïnvloed kan word, sluit in bulkdigtheid, grondsterkte en infiltrasie van water in die grond (Shafiq *et al.*, 1994). Bulkdigtheid van grond asook grondsterkte (penetrasie weerstand) neem toe met 'n toename in grondkompaksie terwyl porositeit en infiltrasie afneem (Mamman & Ohu, 1998). Volgens Rojahn (1973) is die langdurigheid of permanensie van grondvoorbereiding afhanklik van faktore soos die grondwaterinhoud, die geskiktheid van die voorbereidingsimplement, die korrekte toepassing/gebruik van die implement, toedienings van ameliorante, dreinerings van gronde indien nodig, asook opvolgende bewerkingspraktyke. Hierdie faktore speel 'n belangrike rol onder Suid-Afrikaanse toestande, maar die tipe grond is ook belangrik.

Dit word wêreldwyd aanvaar dat groot verliese in opbrengs toegeskryf kan word aan grondkompaksie (McCormack, 1987). Die grondfaktore wat die wingerdstok se wortelgroei beïnvloed (soos bulkdigtheid, grondsterkte en infiltrasie) is kompleks en dikwels onderling verwant (Volschenk, 1973 en Saayman, 1975). Dit is daarom belangrik dat die effek van grondvoorbereiding op die grondfisiese eienskappe ondersoek word om sodoende te bepaal of grondvoorbereiding noodsaaklik is aldan nie.

## **2.2. Agtergrond**

Die voorafgaande dui daarop dat die hoofdoel van grondvoorbereiding die daarstelling en handhawing van gunstige grondtoestande vir die wingerdwortel is.

### **2.2.1. Grondbewerking**

Grondbewerking se doel is om beperkings op wortelgroei uit te skakel en te voorkom dat enige beperkings intree (Terblanche en Van Niekerk, 1976). Die beperkings wat wingerdwortels in die grond kan ondervind sluit in; chemiese beperkings (deur voedingstoftekorte of wanbalanse of selfs toksiese hoeveelhede van sekere elemente), fisiese beperkings (deur onvoldoende watervoorsiening, meganiese weerstand teen wortelindringing, anaërobiese toestande, ens.) en biologiese beperkings (peste en plaë wat die wortelstelsel aanval en dit minder doeltreffend maak) (Russel, 1977). Die grondtoestande wat deur bewerking beïnvloed word sluit in; grondstruktuur, grondkompaksie, deurlugting, grondwaterstoorvermoë, waterinfiltrasie, grondtemperatuur en voedingstatus (Van Huyssteen, 1981). Elkeen van hierdie grondtoestande het 'n bepaalde effek op die prestasie van die wingerdstok deur die invloed daarvan op die wortelstelsel.

### **2.2.2. Bulkdigtheid**

Bulkdigtheid is 'n kwantitatiewe maatstaf vir die strukturele kwaliteit van 'n grond. Dit word gedefinieër as die oonddroë massa van 'n eenheidsvolume grond soos dit in die natuurlike staat in die wingerd aangetref word en dit sluit ook die porieë in, m.a.w. hoe meer poreus 'n grond is hoe kleiner is die massa grond in hierdie eenheidsvolume en hoe laer is die bulkdigtheid (Weber, 1970a). Kompaksie of verdigting van die grond verwys na die toename in bulkdigtheid a.g.v. 'n proses waardeur die porieë of ruimtes in die grond vernietig word deurdat hulle toegedruk en/of met kleiner gronddeeltjies gevul word (Van Huyssteen, 1981). Wortelpenetrasie neem af met toenemende digtheid van die grond omdat daar minder porieë is waarlangs die wortels kan groei en ook omdat daar meer gronddeeltjies in die pad van die groeiende wortelpunt is (Van Huyssteen, 1977).

### **2.2.3. Grondstruktuur**

Grondstruktuur verwys na die onderling rangskikking, oriëntasie en organisasie van die sand-, slik- en kleideeltjies in die grond en sluit ook die porieë wat gevorm word in (Van Huyssteen, 1981). Struktuur beïnvloed die retensie en beweging van vloeistowwe in die grond asook

infiltrasie en deurlugting. Verskeie ander verskynsels wat ook deur grondstruktuur geaffekteer word, sluit in ontkieming, wortelgroei, bewerking en erosie (Hillel, 1980).

#### **2.2.4. Grondtekstuur**

Tekstuur verwys na die fynheid of grofheid van die grond, m.a.w. die persentasie sand, sliel en klei wat in die grond voorkom (Hillel, 1980). Grondtekstuur is 'n vaste grondeienskap wat nie deur bewerking beïnvloed word nie, alhoewel dit 'n invloed het op bewerking. Daarom is bewerkingspraktyke noodsaaklik om die ander faktore wat by grondverdigting 'n rol speel, te beheer (Van der Watt, 1969).

#### **2.3. Grondkompaksie in wingerd**

Verskeie grondsoorte in die Wes-Kaap van Suid-Afrika het natuurlike digte ondergronde wat fisies die wingerdstok se wortelontwikkeling belemmer. Daarom moet 'n groter wortelvolumie geskep word deur meganiese versteuring van die digte ondergrond deur diep bewerking. Volgens Van Huyssteen (1989) word die gevolge van kompaksie dikwels misgekyk omdat grondkompaksie nie uitgedruk word as 'n enkele simptoorn nie, behalwe vir algemene swakker groei van die wingerdstok. Weens verbeterde wingerdbestuurspraktyke word die negatiewe effekte van grondkompaksie gewoonlik weggesteek deur die toename in opbrengste.

Verskeie wingerdgronde word deur 'n lae beskikbare waterkapasiteit gekenmerk (Van Zyl en Van Huyssteen, 1984). Weens die lae reënval van die Wes-Kaap is periodiese waterspanning in die droë somermaande 'n belangrike beperkende faktor vir wingerdproduksie veral onder droëland-wingerdproduksie sonder enige aanvullende besproeiing. Tydens droogtetoestande is waterinfiltrasie, waterhouvermoë en worteldiepte belangrike faktore wat die wingerdstok help voortbestaan, maar dit is veral hierdie faktore wat deur kompaksie geaffekteer word. Penkov *et al.* (1979) het aangedui dat by bulkdigthede van 1,10 - 1,20 g.cm<sup>-3</sup> wingerdwortels redelik maklik die grond penetreer terwyl by bulkdigthede hoër as 1,50 g.cm<sup>-3</sup> wortelpenetrasie drasties afneem.

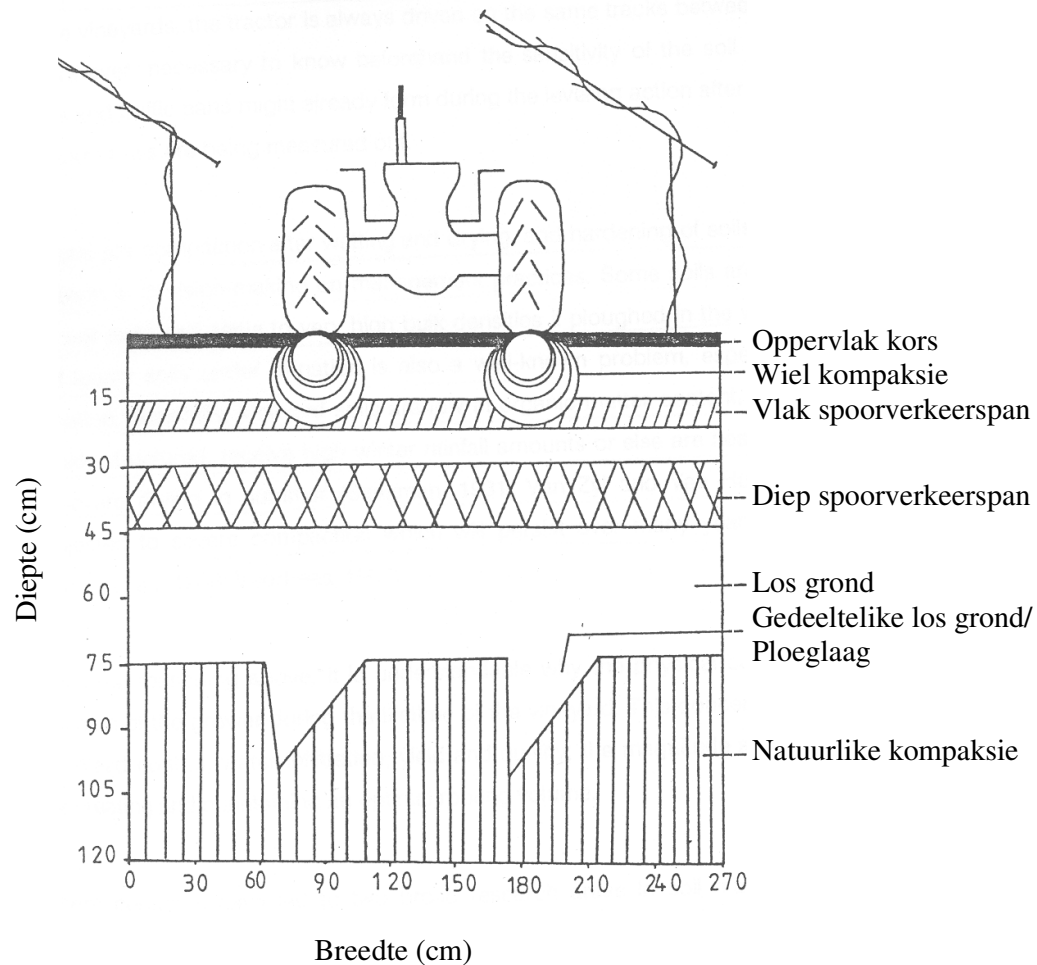
Taylor (1974) het gevind dat verliese in opbrengste, weens grondkompaksie, die resultaat van faktore wat geassosieër word met beperkte wortelsisteme was; bv. 'n toename in plantwaterspanning en voedingstof tekorte. Grondverdigting beïnvloed beide diffusie en massavloei, die meganismes waardeur voedingstowwe in die grond na die wortels beweeg (Parish, 1971; Bhadoria *et al.*, 1991). Die verdigtingseffek veroorsaak ook dat die

grondwaterinhoud laer is weens hoër afloop en verlaagde infiltrasie van water, wat sodoende hierdie beweging en opname van plantvoedingstowwe in die grond kan verminder. Opname van ione deur kontakuitruiling en diffusie is afhanklik van onderskepping van voedingstowwe deur die wortels (Barraclough & Tinker, 1981; Bhadoria *et al.*, 1991). Die beperking van wortelontwikkeling deur verdigting veroorsaak dat die wortels 'n kleiner volume grond benut en die opname van die minder beweeglike voedingstowwe (bv. fosfor en kalium) word sodoende benadeel (Parish, 1971).

Verdigte grondlae binne die wortelsone beperk afwaartse wortelpenetrasie en forseer die wortelsisteem om slegs te groei in die vlak grondlae wat die digte lae bedek (Schulte-Karring, 1976; Saayman, 1982; Vepraskas & Milner, 1986). Saayman en Van Huyssteen (1980) en Saayman (1982) het 'n positiewe liniêre verhouding tussen worteldiepte en bogrondse wingerdstokprestasië gevind. Richards (1983) en Archer *et al.* (1988) het ook 'n definitiewe balans tussen bogrondse groei en wortelgroei van die wingerdstok aangedui en dat beperking van die wortelsisteem bogrondse groei verminder.

Sowat 101 259 hektaar grond is beplant met wyndruifwingerd in Suid-Afrika (SAWIS – November 2009). Indien 'n ekonomiese leeftyd van 20 jaar aanvaar word, moet 5% van die wingerde elke jaar herplant word sodat die produsent nie net met ou wingerd op eindig nie. Weens hierdie voortdurende vervanging en uitbreiding moet baie wingerdgrond elke jaar voorberei word teen aansienlike hoë kostes. Verliese in wingerdopbrengs, as gevolg van grondkompaksie, is moeilik om te bepaal, omdat dit byna onmoontlik is om die effekte daarvan te onderskei van dit wat veroorsaak word deur grond en atmosferiese omstandighede. Dit word wêreldwyd aanvaar dat groot verliese in opbrengs toegeskryf kan word aan grondkompaksie (McCormack, 1987). Hierdie afname in opbrengs en finansiële implikasie regverdig dus die diepbewerking (>800 mm) van wingerdgrond. Die huidige gemiddelde koste om nuwe wingerd aan te plant beloop sowat as R120 000.ha<sup>-1</sup> (VinPro – November 2009). Wanneer verkeerde bestuursbesluite geneem word, bv. dat grond onnodig diepbewerk word of dat 'n onstabiele grond diep bewerk word wat weer natuurlik sal herkompakteer, hou dit direkte finansiële implikasies sowel as indirekte implikasies a.g.v. suboptimale opbrengste vir die produsent in.

As gevolg van die wye verskeidenheid van grontipes waarin wingerd verbou word, kan alle tipes kompaksie verwag word om in wingerdgrond voor te kom. Figuur 1 is 'n skematiese voorstelling van die tipes en posisies van grondkompaksie in wingerde (Van Huyssteen, 1981).



Figuur 1. Skematiese voorstelling van die verskillende tipes en posisies van grondkompaksie wat voorkom in wingerde (Van Huyssteen, 1981).

Die meeste van die wingerdgronde in die Wes-Kaap het in hul natuurlike toestand reeds 'n hoë bulkdigtheid, o.a. weens die aard van die moedergesteente waaruit dit gevorm het. Die bewortelingsdiepte op hierdie gronde word ernstig deur die hoë bulkdigtheid beperk. Op sulke grond lê die wingerdstok relatief gou droogte in die somermaande, maar kan ook maklik periodieke versuiptoestande op hierdie verdigte laag ondervind. Natuurlike grondkompaksie na benatting en verdroging, asook die verharding van grond tydens verdroging, bly steeds 'n ernstige probleem in die besluitneming by bewerkingspraktyke.

Korsvorming is 'n besondere tipe laagverdichting. ' Kors vorm gewoonlik op die grondoppervlak a.g.v. vallende waterdruppels wat lei tot ineenstorting van aggregate tydens benatting (Baver *et al.*, 1972). So 'n grondkors is dun, maar kan waterinfiltrasie baie stadiger maak as wat dit oorspronklik was asook baie stadiger as die grondlaag net onder die kors (McIntyre, 1958). Aan die grondoppervlak dien dit as 'n seël wat waterinfiltrasie ernstig

belemmer en kan ook die beweging van suurstof in die grond belemmer as die porieë in die kors met water gevul is.

Die ineenstorting of verslemping van die grondstruktuur van die losgewerkte sone vind soms net na reën of besproeiing (veral in wingerde onder vloedbesproeiing) plaas. Dit word veroorsaak deur 'n ontploffingseffek wanneer vasgekeerde lugblasies uit 'n onstabiele aggremaat ontsnap. Hierdie verskynsel word algemeen op gronde met 'n growwe tekstuur, wat gewoonlik 'n hoë fynsandinhoud het, en op gronde wat te fyn bewerk is, aangetref. Sulke gronde is oor die algemeen baie hard as dit droog word en vorm dikwels groot krake en barste (Van Huyssteen, 1981).

Trekkerspoorverdigting word aangetref op die sones waarop die trekkerwiele verskeie kere gedurende die seisoen beweeg. Dit vind nie net onder die trekkerwiele plaas nie, maar kring ook sywaarts uit in die vorm van 'n ui sodat 'n aansienlike grondvolume a.g.v. hierdie soort verdigting vir die wingerdwortel ontoeganklik kan wees (Gill & Van den Berg, 1968). Volgens van Huyssteen (1983) word die meeste skade i.t.v. kompaksie en grondsterkte deur trekkers binne die eerste vier maande na die aanplanting van wingerd veroorsaak. Daarom moet trekkers verkieslik nie gebruik word in wingerde vir ten minste een jaar na aanplanting nie, om sodoende die wortels 'n kans te gee om die totale grondvolume te penetreer. Dit word algemeen aanvaar dat bykans 80% van kompaksie wat veroorsaak word deur trekkerwiele reeds met die eerste verbygang plaasvind. Dit is om hierdie rede dat daar voorgestel word dat dieselfde spore gebruik word vir herhaalde bewegings (beheerde spoorverkeer) (Bradford & Gupta, 1986; Bicki & Siemens, 1991). Diep grondbewerking in bestaande wingerde is soms nodig om die effek van herkompaksie te oorkom (Van Huyssteen & Saayman, 1980). Dit sal vertakking veroorsaak van die bestaande wortels wat gesny word en van die nuwe wortels wat kan groei deur die krake wat geskep word (Schulte-Karring, 1976). Op 'n Clovelly grond, met 'n hoë kompakbaarheid (Van Huyssteen & Weber, 1980), onder voortdurende trekkerverkeer, is baie hoë grondsterktes gemeet dwarsdeur die grondprofiel op die trekkerspoor. In hierdie geval veroorsaak die kompakte area, met baie hoë meganiese weerstand onder die spore, 'n baie effektiewe hinderlaag vir laterale wortelgroei (Schulte-Karring, 1976). Die sywaartse verspreiding van wingerdwortels na die middel van die ry word sodoende ernstig beperk of selfs verhoed.

Kompaksie as gevolg van die drukking van wiele, ploegskare en implemente kom voor in wingerdgrond (Figuur 1). 'n Verdigte laag net onderkant die normale bewerkingsdiepte word dikwels aangetref en staan bekend as die ploeglaag. Die tande, skottels of skare van

implemente wat jaar na jaar op dieselfde diepte gly, smeer die porieë op die werksdiepte in die ondergrond toe. Verder word die slik- en kleideeltjies vanuit die losgewerkte bogrond deur reën of besproeiingswater na die dieper grondlae afgewas waar dit porieë verstop om 'n verdigte onderlaag te vorm – die sogenaamde “sifeffek” (Weber, 1970b; Gabriëls & Moldenhauer, 1978). Dit staan bekend as die ploeglaag.

## **2.4. Grondsterkte en skuifsterkte**

Die effektiwiteit van water en voedingstof onttrekking deur plante hang grootliks af van die wortelkonsentrasie in die grond. Omdat wingerde so duur is om te vestig en ook 'n langtermyn belegging is, moet wingerdwortels vir baie jare in dieselfde omgewing floreer. Daarom is 'n goeie kwaliteit wortelomgewing nodig. So 'n omgewing moet ten minste aan sekere minimum vereistes in terme van kompaksie, grondsterkte, skuifsterkte en wortelverspreiding voldoen.

### **2.4.1. Grondsterkte**

Grondsterkte of meganiese weerstand is een fisiese parameter wat gebruik kan word om die grond se geskiktheid vir wortelgroei en -funksionering te bepaal. Grondsterkte word beskryf as die weerstand van grond teen die penetrasie van 'n groeiende wortel (Taylor & Burnett, 1964). Taylor *et al.* (1966) het gerapporteer dat enige verandering in grondsterkte (a.g.v. kompaksie of 'n verandering in grondwaterinhoud) 'n verandering in wortelgroei kan veroorsaak.

Die effek van verskeie verbouings- en grondvoorbereidingspraktyke kan bepaal word deur die grondsterkte eienskappe te meet met 'n penetrometer onder veldtoestande. Penetrometer weerstand word gebruik om 'n relatiewe meting van die weerstand van grond tot die penetrasie van wortels te verskaf. Die penetrometer verskaf ook addisionele inligting tot bulkdigtheidwaardes en kan daardeur bykomende betekenis tot wortelstudies voeg. Metings moet gedoen word onder streng gedefinieëde toestande (grondwaterinhoud) om van toepassing te wees vir studies van grondkompaksie en/of wortelverspreiding as gevolg van die afhanklikheid van penetrasie weerstand op grond veranderlikes soos tekstuur, digtheid en waterinhoud.

Navorsing is gedoen in 'n poging om penetrometer weerstand in verwantskap te bring met grondfisiese eienskappe soos tekstuur, diepte, bulkdigtheid en grondwaterinhoud (Taylor & Gardner, 1963; Gill & Van den Berg, 1968; Bradford, 1980). In 'n wye verskeidenheid

grondtipes is daar 'n kritiese, maar wel swak gedefinieerde, grondsterkte waarbo wortelpenetrasie drasties verhinder word, nl. 2000-2500 kPa (Zimmerman & Kardos, 1961; Taylor & Gardner, 1963; Taylor & Burnett, 1964; Greacen *et al.*, 1969; Bar-Yozef & Lambert, 1981).

Grondsterkte neem drasties toe met 'n afname in grondwaterinhoud (Van Huyssteen, 1983). Daarom is dit belangrik om penetrometer toetse slegs in grond te doen met 'n waterinhoud na aan veldkapasiteit. Eavis & Payne (1970) beklemtoon die belangrikheid van grondwater vir wortelgroei nadat hulle gevind het dat soos wat grond uitdroog, hoër grondsterktes na vore kom in die wortelones. Om grondsterkte onder die kritiese waarde te hou is genoegsame grondwaterinhoud gedurende periodes van aktiewe wortelgroei (Okt./Nov. en ook na oes) belangrik om wortelontwikkeling te bevorder.

Van Huyssteen (1989) het met pot eksperimente bevind dat 'n toename in bulkdigtheid tot 'n liniêre toename in grondsterkte lei. Die penetrasie vermoë van wingerdwortels het merkbaar afgeneem met beide toenames in bulkdigtheid en grondsterkte in die ondergrond van die potte. Daar kon egter geen kritiese grondkompaksie waarde, waarbo wortelpenetrasie of lootgroei skielik en ernstig beïnvloed is, gevind word nie. Die grondtipes bestudeer in die ondersoek het verskil in gevoeligheid tot kompaksie a.g.v. teksturele en klei mineralogiese verskille. Gronde met 'n hoë fynsand inhoud het die grootste afname in wortelpenetrasie met 'n toename in kompaksie vlak gewys. Hierdie resultaat is verkry weens die meer drastiese vernietiging van growwe porieë in die fynsandgrond.

Swak wortelverspreiding in die ondergrond van baie wingerdgronde is 'n ernstige probleem in veral die Wes-Kaap (Schulte-Karring, 1976; Saayman, 1982). Dit kan toegeskryf word aan lae pH waardes (Conradie, 1983) en kompaksie (Saayman en Van Huyssteen, 1980; Saayman, 1982). Verdigte gronde het gewoonlik 'n probleem met swak wortelontwikkeling en dit is hoofsaaklik vanweë hoë grondsterktes wat wortelindringing beperk (Barley, 1963). Belemmering van wingerdwortelgroei deur kompaksie is suksesvol gekarakteriseer deur Van Huyssteen (1983) in terme van grond bulkdigtheid en grondsterkte.

Soos vroeër genoem kan grondlae wat wortelgroei belemmer ingedeel word in verskeie groepe nl; natuurlike ondergrond kompaksie; skerp oorgang van los tot relatiewe kompakte ondergrond; digte pakking op struktuurlose sanderige grond; dun porie-lose, besmeerde oppervlaktes aan die onderkant van die ploegdiepte; en trekker-spoor verkeer. Die onvermoë van wingerdwortels om die relatiewe kompakte lae onder die los bogrond te penetreer kan



ook verduidelik word deur swak wortelsterkte. Die los bewerkte grond verskaf nie genoeg ondersteuning aan die groeiende en penetreerende wortel nie, wat dan veroorsaak dat die wortel swik en van koers verander wanneer dit in aanraking kom met 'n grondlaag van hoë digtheid (Dexter & Hewitt, 1978; Whiteley *et al.*, 1982). Greacen *et al.* (1969) het ook gevind dat wortelpenetrasie verminder as die invalshoek met die kompakte laag verminder.

'n Toename in bulkdigtheid lei tot 'n kleiner hoeveelheid growwe porieë beskikbaar vir die wingerdstok se redelike dik, groeiende wortelpunte om die aanvanklike penetrasie te kan maak. Die afname in growwe porieë laat ook grondsterkte toeneem, wat veroorsaak dat wortelpunte meer energie benodig om hul weg deur die kompakte grond te forseer en sodoende wortelpenetrasie belemmer en selfs stop (Van Huyssteen, 1989). Wiersum (1957) het ook die belangrikheid van poriegrootte by wortelontwikkeling beklemtoon deur vas te stel dat wortels nie in porieë met 'n kleiner deursnit as dié van die verlengingsone van die wortel kan indring nie. Die rede hiervoor is dat 'n wortel nie sy deursnit kan verminder nie, maar eerder sal verdik as die groeipunt enige weerstand ondervind. Daar moet dus 'n goeie verspreiding van growwe porieë in die grond wees om 'n goeie wortelverspreiding in die grond te verkry.

Volgens Barley & Greacen (1967) is wortels op twee maniere aangepas om die invloed van hoë grondsterktes te oorkom. In die eerste plek kan verlenging in die sone net agter die groeipunt oppervlakwrywing verminder en tweedens word die meeste groeipunte beskerm deur verharde weefsels wat sodoende 'n pad deur die grond forseer.

#### **2.4.2. Skuifsterkte**

Skuifsterkte word beskryf as 'n grond se vermoë om verskuiwing langs interne oppervlaktes binne die grond te weerstaan. Die swigting van grond, weens druk of 'n krag wat daarop uitgeoefen word, vind gewoonlik plaas langs interne oppervlaktes binne die grond en kom voor in die vorm van verskuiwing (Baumgartl & Horn, 1991). Daarom is struktuursterkte primêr 'n funksie van skuifsterkte. Dit is dus die weerstand teen beweging tussen partikels weens fisiese bindings. Die skuifsterkte word beïnvloed deur die grondsamestelling (bv. mineralogie, korrelgrootte, korrelgrootte-verspreiding, vorm van partikels, inhoud van porieë, ens.), aanvanklike toestand (bv. los of verdig) en die struktuur (rangskikking van partikels binne die grondmassa, gelaagdheid, sementasie ens.). Yavuzean *et al.* (2002) het gevind dat skuifsterkte verminder word deur bewerking en neig om toe te neem soos die grond konsolideer weens natuurlike prosesse asook deur trekkerverkeer. Baumgartl & Horn (1991)

het gevind dat skuifsterkte baie hoër is in gestruktureerde gronde as in struktuurlose gronde en dat 'n toename in die lading (bulkdigtheid) op gronde lei tot hoër skuifsterktes. Die effek van matrikspotensiaal op skuifsterkte van grond is deur Benjamin & Cruse (1987) ondersoek. Daar is gevind dat 'n afname in die matriks waterpotensiaal lei tot 'n toename in die kohesie van grondpartikels en dus 'n toename in die skuifsterkte. Gitau *et al.* (2006) het ook 'n toename in skuifsterkte met 'n afname in grondwaterinhoud gevind en dat 'n hoër klei-inhoud in die ondergrond gelei het tot hoër skuifsterktes. Verskeie studies (Benjamin & Cruse, 1987; Yavuzcan *et al.*, 2002; Gitau *et al.*, 2006) het 'n positiewe liniêre verwantskap tussen bulkdigtheid, grondsterkte en skuifsterkte getoon.

## **2.5. Infiltrasie en Hidrouliese geleiding**

Infiltrasie van water in die grond is direk in verwantskap met struktuur stabiliteit (Tisdall & Adem, 1986), bulkdigtheid (Patel & Singh, 1981) en porie struktuur (Ankeny *et al.*, 1990). Langtermyn konvensionele bewerking- en geenbewerkingsisteme kan bulkdigtheid, aggremaatstabiliteit, totale porositeit en organiese koolstof inhoud binne gronde verander (Lal *et al.*, 1994; Singh *et al.*, 1994). Sodoende word die grondstruktuur geaffekteer (Drees *et al.*, 1994), asook die verskillende grondfaktore wat waterstoorkapasiteit en waterbewegingseienskappe van die grond beïnvloed.

Bewerkingspraktyke in 'n konvensionele bewerkingsstelsel kompakteer die grond onder die bewerkte sone, versteur porieë wat met die oppervlak verbind is en verhoog die afbreek van organiese verbindings (Carter & Colwick, 1971). Laer organiese materiaal van die bewerkte grond (Arshad *et al.*, 1990) kan ook bydra tot laer aggremaat stabiliteit (Singh *et al.*, 1994), verhoogde kompaksie en vermindering van gemiddelde porie grootteverspreiding in die oppervlak grond (McIntyre, 1958; Agassi *et al.*, 1985). Bewerkte gronde onder herhaalde bewerking neig om mettertyd minder poreus te word binne die ploeglaag, terwyl sommige gronde onder geen bewerking neig om meer poreus te word (Voorhees & Lindstrom, 1984). Konvensionele bewerking maak die grond tydelik los en vorm meer makroporieë aan die begin van die seisoen (Karunatilake & Van Es, 2002). Die toename in totale porositeit van die konvensionele bewerkings is gewoonlik tydelik omdat die direkte impak van reëndruppels op die grond tot herkompaksie lei (Mapa *et al.*, 1986). By geen bewerking word porieë beter behou weens 'n hoër oppervlakbedekking wat die grond teen oppervlakverseling beskerm (Arshad & Mermut, 1988; Roth *et al.*, 1988; Zuzel *et al.*, 1990).

Makroporieë speel 'n belangrike rol in waterbeweging en dien ook as kanale vir wortelgroei en beweging van oplossings (Ankenny *et al.*, 1990). Hoër infiltrasietempos wat verkry word met geen bewerking in vergelyking met konvensionele bewerking is dus waarskynlik weens die vloeï van water deur makro porieë (Meek *et al.*, 1990). Onder geen bewerking word hierdie kanale en porie ruimtes nie deur bewerkingsprosesse versteur nie (Bouma *et al.*, 1982; Green *et al.*, 2003). Die hoër infiltrasie tempos wat verkry word by geen bewerking kan toegeskryf word aan die kontinuïteit van porieë en 'n gevestigde makroporositeit met die verloop van tyd (Boone & Kuipers, 1970; Priksat *et al.*, 1994). Die oorvloed van ou wortelkanale, verrottende wortels en erdwurmkanale by geen bewerking verskaf moontlik verskeie kanale vir die vloeï van water. Ehlers (1975) en Sauer *et al.* (1990) het aangedui dat alhoewel bulkdigtheid hoër en totale porositeit laer was vir geen bewerkte gronde, infiltrasie by geen bewerkte gronde dieselfde of hoër as dié van bewerkte gronde was. Soortgelyk het Azooz & Arshad (1996) gevind dat hidrouliese geleiding en infiltrasie tempo merendeels betekenisvol laer was onder konvensionele bewerkings in vergelyking met geen bewerking. Sommige navorsers het weer gevind dat die versadigde hidrouliese geleiding by bewerkte en geen bewerkte gronde nie verskil nie (Obi & Nnabude, 1988) of laer was by geen bewerkte gronde as by bewerkte gronde (Heard *et al.*, 1988). Pikul *et al.* (1990) het byvoorbeeld gerapporteer dat waterinfiltrasie van 'n slikleem grond die hoogste by die konvensionele bewerkingsmetodes en laagste by die geen bewerkte behandeling was. Baumhart & Jones (2005) het 30 jaar na diepbewerking toegepas is, gevind dat die infiltrasietempo van die bewerkte grond steeds hoër was as die onversteurde grond. Diepbewerking is hier toegepas om infiltrasie te verhoog (bulkdigtheid en grondsterkte het ook afgeneem) deur die verwydering van verdigte lae wat vloeï beperk, sodoende is die plantbeskikbare water ook verhoog deur die toename in die volume grond wat die wortels dek.

Die wisselvallige resultate van grondhidrouliese en ander fisiese eienskappe onder bewerkte en geen-bewerkte sisteme kan verband hou met die korstondige natuur van grondstruktuur na bewerking, aanvanklike en finale grondwaterinhoud, geskiedenis van die perseel, tyd van monsterneming en die potensiaal vir grondversteuring (Azooz & Arshad, 1996). Die vermoë van grond om water te absorbeer en deur te laat, word geaffekteer deur die struktuurstabiliteit van die grondporieë en die waterinhoud van die grond wanneer metings geneem is.

### **3. MATERIAAL EN METODES**

#### **3.1. Studiegebied**

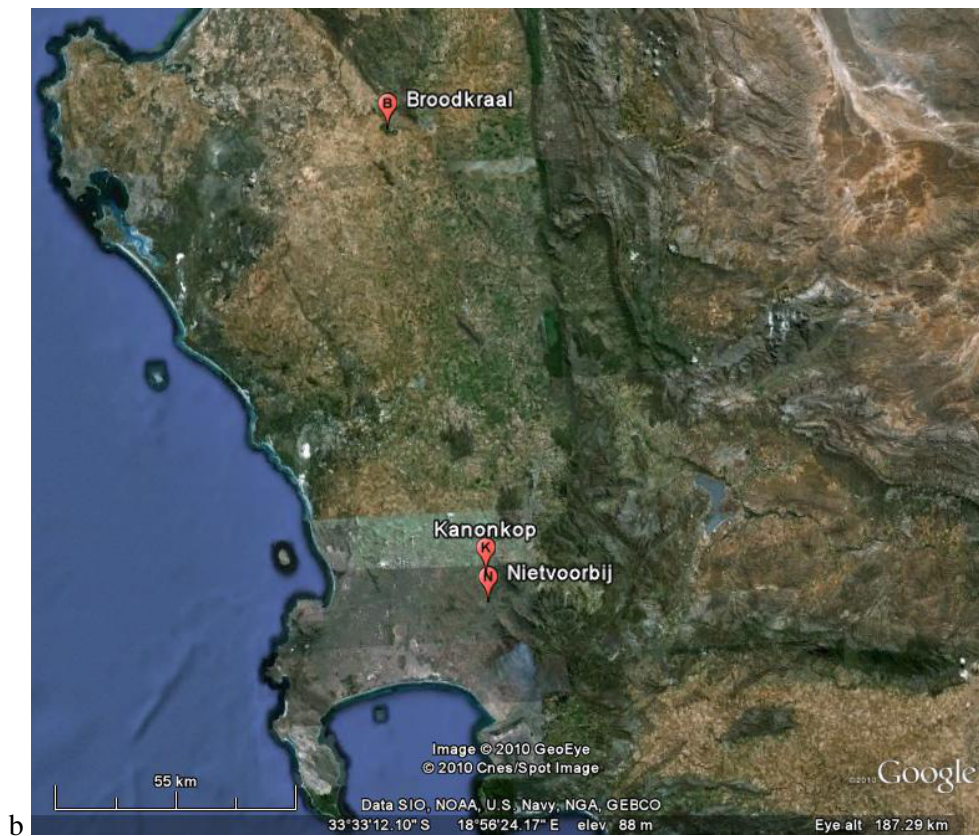
Die drie proeflokaliteite (plase) waar die studies uitgevoer is, is almal in die Wes-Kaap geleë. Dit sluit 'n grondvolume proef by Nietvoorbij (Stellenbosch) in; 'n jong tafeldruif ontwikkeling, naamlik Broodkraal (Piketberg), en 'n vergelyking tussen twee grondvoorbereidingspraktyke by Kanonkop (Stellenbosch/Paarl). Grondvorme wat tydens die studie ondersoek is, sluit in: Cartref, Tukulu en Oakleaf. Die drie lokaliteite se ligging word in Figuur 1a en b aangedui.

##### **3.1.1. Klimaat**

Al drie die lokaliteite is in die winterreënvalstreek van die Wes-Kaap geleë. Die klimaat is mediterreens en word gekenmerk deur droë somers en koue nat winters. Gronde van die Wes-Kaap word gekenmerk deur versadigde toestande in die wintermaande met gevolglike verdroging in die warm droë somer maande. Hierdie verdroging kan lei tot verharding wat sodoende bulkdigtheid, skuifsterkte, grondsterkte asook wortelverspreiding beïnvloed (Eavis & Payne, 1970; Van Huyssteen, 1983; Gitau *et al.*, 2006). 'n Opsomming van die langtermyn gemiddelde klimaatparameters by die drie lokaliteite word in Bylaag 1 gegee. Dit dui die gemiddelde maksimum-minimum temperature en humiditeit vir elke maand aan. Reënval word as die maandelikse gemiddelde terwyl evapotranspirasie en wind as gemiddelde daaglikse waardes vir elke maand, aangegee word.

##### **3.1.2. Proefpersele**

Die studie sluit verskillende grondvorme (Cartref, Tukulu en Oakleaf), verskillende dieptes van bewerking en verskillende tipes bewerking in asook hoe grondfisiese eienskappe met verloop van tyd verander. Profielgate was op al die lokaliteite met 'n slootgrawer gemaak om proefpersele te beskryf. Diepte van profielgate was 1.2 – 1.5 m, afhangend van die diepte van die onderliggende moedermateriaal. Wortelverspreidingspatrone deur die profiel en versteuring van horisonte deur meganiese aksie is gedokumenteer. Onversteurde grond,



Figuur 2a en b. Liggingskaarte wat verskillende proefpersele aandui, met (b) 'n vergroting van (a) (Google Earth Okt 2010).

naasliggend tot die persele, het as kontrole-behandeling by elke proeflokaliteit gedien. Volledige beskrywings van die profielgate en van watter persele hulle verteenwoordigend was, word in Bylaag 2.1 – 2.6 gegee. In Bylaag 3 word die tekstuur analyses van die verskillende gronde by elke perseel aangetoon.

Die grondvolume proef, waar verskillende dieptes van bewerking vergelyk is, is uitgevoer op Nietvoorbij naby Stellenbosch (S 33,54392 / O 18,52148). Die perseel is op 'n 20% suidelike helling geleë met 'n hoogte van 120 m bo seevlak. Die grond wat *in situ* van verweerde graniet gevorm is, is van die Cartref grondvorm (Grondklassifikasie-'n taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika, 1991) en het 'n sanderige kleileem tekstuur met 'n hoë gruisfraksie.

Tabel 1. Grondvolume proef – Nietvoorbij, Stellenbosch (Myburgh, P.A., Van Zyl, J.L., en Conradie, W.J., 1996).

← Bult af

Herhaling 2	80 cm	Herhaling 1	80 cm
	Kontrole		Kontrole
	120 cm		120 cm
	Opgeërd		Opgeërd
	120 cm – besproei		120 cm – besproei
	40 cm		40 cm
	100 cm		100 cm
	40 cm – besproei		40 cm – besproei
	80 cm – besproei		80 cm – besproei
	60 cm		60 cm

'n Reeks van droëland grondvolumes is in 1986 geskep deur slote te grawe tot dieptes van 400 mm, 600 mm, 800 mm, 1000 mm en 1200 mm m.b.v. 'n slootgrawer (Figuur 3). Die slote was 2,7 m wyd en 22,5 m lank en deur 300 mm onversteurde grond geskei. Die persele is helling af geleë om dreinerings van vry grondwater te verkry. Die nodige hoeveelhede kalsitiese kalk en superfosfaat is toegedien om die pH (KCI) tot 6.0 en die P-inhoud tot 25 mg.kg<sup>-1</sup> te verhoog (Conradie *et al.*, 1996). Die uitgegraafde grond is daarna versigtig in die oorspronklike volgorde teruggeplaas. Na grondvoorbereiding is die grond toegelaat om te stabiliseer en die eksperimentele persele is daarna in September 1986 met Pinot noir/99 Richter beplant. 'n Spasiëring van 1,5 m is gebruik in die wingerdrye. Die rye is 3,0 m van mekaar en bestaan uit 13 proefstokke en 'n bufferstok aan die einde van elke perseel. Geen



grondbewerking of trekker verkeer is in die eksperimentele wingerd na grondvoorbereiding toegelaat nie. Na grondbewerking en die toediening van ameliorante het die grond 'n gunstige gemiddelde bulkdigtheid van  $1550 \text{ kg.m}^{-3}$  gehad (Van Huyssteen, 1988). Penetrometerlesings het bewys dat grondvoorbereiding die grond effektief by alle behandelings losgemaak het. Slegs agt van die tien behandelings is in die studie ondersoek. Die besproeiingsbehandelings van 400 mm en 1200 mm is uitgelaat. Twee profielgate is by elke behandeling gegrawe, dus in totaal is 16 profielgate ondersoek.



Twee verskillende grondvoorbereidingspraktyke is by Kanonkop met mekaar vergelyk. Die perseel (S 33,85905 / O 18,85398) is geleë op 'n 8% Noord-westelike helling met 'n hoogte van 215 m bo seevlak. Die grond is van die Tukulu (onversteurde-behandeling) en Oakleaf (bewerkingsbehandelings) grondvorme (Grondklassifikasie-'n taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika, 1991) en het hoofsaaklik 'n sandkleileem tekstuur. Grondvoorbereiding tot 'n diepte van 1000 mm is in 2004, in die een geval d.m.v. 'n skeurploeg bewerking gevolg deur 'n dol aksie (Figuur 4a en b) en in die tweede geval d.m.v. 'n skeurploeg bewerking gevolg deur bewerking met 'n "soilmix" implement, toegepas. Die "soilmix" implement (Figuur 5a en b) is spesifiek ontwerp om tussen bestaande wingerdrysse te kan werk en is plaaslik vervaardig.

Dit bestaan uit 'n kragtige dieselenjin wat met al vier wiele hidrouliese aangedryf word. Die implement kan ook m.b.v. al vier wiele stuur. Die losmaakaksie word verkry deur 'n roterende drom waarop Tangsten tande gemonteer is. Die drom word ook deur 'n baie kragtige hidrouliese motor aangedryf. 'n Bewerkingsaksie van tot 800 mm word deur die roterende drom van die implement verkry. Albei bewerkingspraktyke is eers voorafgegaan deur 'n skeurploegbewerking omdat die "soilmix" nie effektief is sonder dat die grond eers behoorlik opgebreek word nie. Onversteurde grond is ook as kontrole ondersoek om die effek van die bewerkingsaksies te bepaal. Die grond is in 2004 met Cabernet Franc / 101-14 Richter beplant.

Die studie by Broodkraal is uitgevoer om die effek van grondbewerking te bepaal en tot watter mate die grondfisiese eienskappe binne 'n tydperk van twee jaar verander. Die perseel (S 32,05539 / O 18,04023) is geleë op 'n 3% Noord-oostelike helling met 'n hoogte van 87 m bo seevlak. Die grond waarop die studie uitgevoer is, is van die Oakleaf grondvorm (Grondklassifikasie-'n taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika, 1991) en het hoofsaaklik 'n klei tekstuur. Die plaas is naby Piketberg teen die Bergrivier geleë en produseer hoofsaaklik tafeldruiwe. Die grond is d.m.v. 'n kruis-skeurploeg aksie met 'n D9-trekker tot 'n diepte van 1000-1200 mm bewerk en die skeurploeg bewerking is opgevolg deur die maak van operd walle. Die heuweltjies wat die landskap kenmerk is met grondvoorbereiding opgebreek, waarna kalkreet fragmente uit die landskap verwyder is. Die behandelings sluit in: 'n onversteurde grond, nuut bewerkte grond (2010 bewerk) en 'n een jaar oud bewerkte grond (2009 bewerk en aangeplant). Die 2009 behandeling is met Thompson Seedless , Ramsey beplant.





a



b

Figuur 4a en b. Skeurploeg bewerking gevolg deur dolbewerking.





a



b

Figuur 5a en b. “Soilmix” implement waarmee grondvoorbereiding by Kanonkop uitgevoer is.

## 3.2. Metings

Die volgende parameters is gemeet:

- Grondchemiese eienskappe
- Deeltjiegrootte ontleding
- Bulkdigtheid (kluit metode)
- Skuifsterkte (hand-skroefbladmeter)
- Grondsterkte (penetrometer)
- Versadigde vloei (dubbelring infiltrometer)
- Onversadigde vloei (minidisk infiltrometer)
- Wortelverspreiding (profielwand metode)

### 3.2.1. Grondchemiese eienskappe

Die grond se pH in water en KCl ( $1 \text{ mol.dm}^{-3}$ ) is volgens 'n 1:2.5 grond/water en grond/KCl verhouding op 'n massa basis bepaal (The non-affiliated soil analysis work committee, 1990). Elektriese geleiding ( $EG_e$ ) is volgens 'n 1:5 grond/water verhouding op 'n massa basis bepaal (Methods of soil analysis, 1982).

### 3.2.2. Deeltjiegrootte ontleding

Deeltjiegrootteverspreiding van die grond is m.b.v. die pipetmetode bepaal (Gee & Bauder, 1986). Deeltjiegrootte-ontleding (<2mm fraksie) van al drie proeflokaliteite word in Bylaag 3 aangetoon.

### 3.2.3. Bulkdigtheid

Bulkdigthede is met behulp van die kluitmetode bepaal (Blake & Hartge, 1986). Weens die hoë gruisfraksies van die gronde was die kernmetode onsuksesvol. Bulkdigtheid is 'n kwantitatiewe maatstaf vir die strukturele kwaliteit van 'n grond. Deur die bepaling op verskillende gronddieptes te doen, kan 'n bulkdigtheidsprofiel verkry word. Bulkdigtheid word uitgedruk as die verhouding van die massa van droë grond (in die natuurlik toestand) tot die totale volume wat dit beslaan (insluitend vaste deeltjies en porieë), nl.  $\rho_b = M / V$  (Hillel, 1980). 'n Natuurlike aggremaat kan dus gebruik word om bulkdigtheid te bepaal deur dit in water, nadat dit met 'n dun waslagie bedek is, te dompel. Die volume water wat deur die aggremaat verplaas word kan dan gemeet word.

Kluite word met 'n geologiese pik uit die spesifieke diepte van 'n grondprofiel gekap. Dit is belangrik dat die kluite in hul natuurlike toestand is en nie versteur word nie. Die kluite word dan versigtig langs natuurlike breekvlakke in stukke van 80 - 150 g gebreek. Die lugdroë massa van die kluit word bepaal deur 'n gare draad (garedraad word vooraf in lug geweeg) om die kluit te bind en dit aan die bo-ent van die skaal se pan op te hang om te weeg. Die kluit word 'n paar keer in die was gedompel om 'n waterdigte waslaag om die kluit te vorm. Die



wasbedekte kluit word in lug en daarna onder water geweeg. Die bulkdigtheid kan dan vervolgens bereken word deur die Archimedes beginsel te gebruik (Blake & Hartge, 1986).

### 3.2.4. Skuifsterkte

Skuifsterkte is die vermoë van grond om kragte wat daarop uitgeoefen word te weerstaan (Hillel, 1980). Die hand-skroefbladmeter (Pocket vane tester - <http://www.eijkelkamp.com>) is gebruik om skuifsterkte te bepaal. Die skroefbladmeter is 'n instrument wat skuifsterkte bepaal en word gebruik vir metings aan die wand van profielgate of aan die grondoppervlak. Die klein praktiese formaat van die instrument maak dit ook geskik vir metings op grondmonsters, dus kan dit in die veld of in die laboratorium gebruik word.

Die kort periode wat dit neem om metings te doen maak dit moontlik om verskeie metings in dieselfde grondlaag of horison te neem. Sodoende kan gemiddelde waardes bereken word. Toestande vir korrekte metings sluit in: 'n plat oppervlak van ten minste 25 mm in deursnee en korrekte plasing van die instrument in die grond. Die punt (met groewe) van die instrument word in die wand van die profielgat gedruk by die spesifieke diepte wat bepaal moet word. Metings word dan geneem deur die instrument stadig kloksgewys te roteer met 'n konstante spoed. Die punt waarby die grond swig (wanneer die skroefblad losbreek) onder die krag wat daarop uitgevoer word, word outomaties op die skaal aangedui. Die skuifsterkte kan dan gelees word vanaf die skaal wat pas met 'n skuifbare punt en metings word in  $\text{kg.cm}^{-2}$  aangegee wat daarna in kPa omgeskakel word.



Figuur 6. Hand-skroefbladmeter vir die bepaling van skuifsterkte (Pocket vane tester - Eijkelkamp agrisearch equipment).



Figuur 7. Hand-skroefbladmeter wat pas met 3 verskillende skroewe vir verskillende tekstuurklasse.

### 3.2.5. Grondsterkte

Grondsterkte is m.b.v. 'n konstante tempo-penetrometer gemeet. Penetrometer weerstand word gebruik as 'n relatiewe meting van die weerstand van grond teen die penetrasie van wortels. Dit word uitgedruk as die verhouding tussen die krag benodig om 'n metaal pen in die grond te druk teenoor die basale area van die pen (Davidson, 1965). Wortelbeperkende grondlae, met 'n hoë meganiese weerstand, kan daarom met 'n geskikte penetrometer geïdentifiseer word. Die grond bied 'n groter weerstand teen die penetrasie van 'n metaal pen as teen die wortels. 'n Rede vir hierdie verskil is dat die penetrometer, anders as die wortel, nie kan afwyk van die direkte lyn van beweging wanneer 'n weerstandbiedende voorwerp, bv. 'n klip, teëgekom word nie. Wanneer klippe getref is, het die tempo van penetrasie afgeneem en dan weer toegeneem nadat die klip uit die pad gestoot is. Sulke posisies is vermy en 'n nuwe posisie is gekies.

Die maksimum penetrasiediepte is 800 mm en die instrument kan metings neem tot by 'n maksimum druk van 5000 Kpa. Lesings word in KPa met 1 cm diepte intervale gegee. Die tempo waarteen penetrasies moet plaasvind is  $110 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Die apparaat is toegerus met 'n staalpen met 'n kegelvormige punt wat 'n hoek van  $30^\circ$  besit, om die grond te penetreer. Die kegelvormige punt het 'n basis area van  $1,30 \text{ cm}^2$ .

Penetrasiemetings is in die veld op elkeen van die verskillende behandelings by Nietvoorbij geneem. Die grondwaterinhoud van die perseel tydens die grondsterkte metings was naby veldkapasiteit. Ten minste tien ewekansig geselekteerde posisies is by elke behandeling geneem om die gemiddeld per behandeling te verteenwoordig. Alle data word grafies voorgestel om grondsterkte teenoor diepte aan te dui. 'n Grondsterkte van 2500 kPa word gewoonlik aanvaar as die kritiese waarde waarby wortelontwikkeling ernstig benadeel word (Bar-Yozef & Lambert, 1981).

Die penetrometer is bewys as 'n bruikbare instrument in die identifisering en kwantifisering van grondkompaksie probleme (Van Huyssteen, 1983). Grondsterktemetings met die penetrometer is makliker en minder tydrowend as bulkdigtheidsbepalings (10-15 metings per behandeling kan met gemak gedoen word), daarom word die penetrometer al meer gebruik in grondstudies.

### **3.2.6. Versadigde vloei**

Die dubbelring infiltrometer bepaal versadigde hidrouliese geleiding en bestaan uit 'n binneste en buitenste ring wat in die grond geplaas word (Youngs, 1987). Elke ring word met 'n konstante drukhoof van water voorsien deur die twee silinders. Die infiltrometer word so gemonteer sodat een silinder water verskaf aan die binneste ring en die ander silinder water verskaf aan die buitenste ring. Die infiltrerende water is nie onder spanning nie, dus word die makroporieë ook met water gevul.

Die dubbelring infiltrometer moet altyd op 'n gelyke oppervlak geplaas word sodat die twee silinders waterpas is. Albei silinders word met water gevul en benodig sowat 12 liter water. Deur die teenwoordigheid van twee ringe word die hidrouliese geleiding in die veld nie oorskat nie weens driedimensionele vloei. Die buitenste ring verskaf water wat bydra tot laterale vloei sodat die binneste ring bydra tot afwaartse vloei. Water beweeg uit die silinders in die ringe deur 'n kraan by die basis van die silinders totdat die hoogte gelyk is aan die watervlak binne elke ring. Wanneer water in die grond in beweeg, verminder die hoogte van die opgedamde water tot onder die lugbuis en water vloei weer in die ring in sodat die hoogte weer gelyk is aan die basis van die lugbuis. Metings word in tydsintervalle van 30-60 sekondes geneem, afhangende van die tempo van infiltrasie. Infiltrasie word in cm-eenhede vanaf die binneste silinder gelees en omgeskakel na volume-eenhede.



Figuur 8. Dubbelring infiltrometer vir bepaling van versadigde vloei.

### 3.2.7. Onversadigde vloei

Die minidisk infiltrometer (Decagon Devices, Inc.- <http://www.decagon.com>) is gebruik vir die meting van onversadigde vloei in die grond. Die minidisk infiltrometer kan hidrouliese geleiding bepaal oor 'n reeks van negatiewe potensiale (Zhang, 1997). Water word aan die grond voorsien deur 'n poreuse membraan vanaf 'n buis wat met water gevul is. Dit is ideaal vir veldmetings weens die kompakte grootte daarvan en is relatief maklik om te gebruik. Die totale lengte van die apparaat is 32,7 cm en het 'n deursnit van 3.1 cm. Die infiltrometer moet op 'n gelyke area op die grondoppervlak geplaas word. Indien die oppervlak nie glad genoeg is nie, kan 'n dun laag fyn silika sand direk onder die infiltrometer geplaas word. Dit verseker goeie kontak tussen die grond en die infiltrometer.

Die infiltrometer het 'n verstelbare suigspanning wat die infiltrasie kan beheer. By verskillende tipes grond sal water teen verskillende tempos infiltreer daarom is dit dikwels moeilik om die verandering van volume teenoor tyd te meet, veral in sandgronde waar die water vinnig sal infiltreer. Die suigspanning word dan aangepas om die meting van infiltrasie



van die tipe grond wat ondersoek word, beter te akkomodeer. Wanneer die water onder spanning is sal dit nie die makroporieë soos krake of erdwurmtunnels binnegaan nie, maar sal slegs beweeg binne en deur die grond soos bepaal deur die hidrouliese kragte in die grond.

Wanneer die infiltrometer (wat met water gevul is), op 'n grondoppervlak geplaas word, begin water die infiltrometer verlaat en infiltreer in die grond in teen 'n tempo wat bepaal word deur die hidrouliese eienskappe van die grond. Soos die watervlak daal word die volume by spesifieke tydsintervalle aangeteken. Water infiltreer in die grond in reaksie op die potensiaal gradiënte, nl. water potensiaal en gravitasie potensiaal. Die water potensiaal word deur die grondwaterinhoud en die porie struktuur van die grond bepaal. Hierdie twee faktore kombineer om 'n sorptiwiteitsfaktor te vorm wat bestaan uit die gekombineerde invloed van kapillêre aksie en adhesie kragte tot die oppervlaktes van grondpartikels. Die gravitasie potensiaal is konstant vir verskillende gronde en is toe te skrywe aan die impak van porie grootte, kontinuïteit en verspreiding op die tempo van water vloei deur die grond onder die invloed van gravitasie (White *et al.*, 1992).

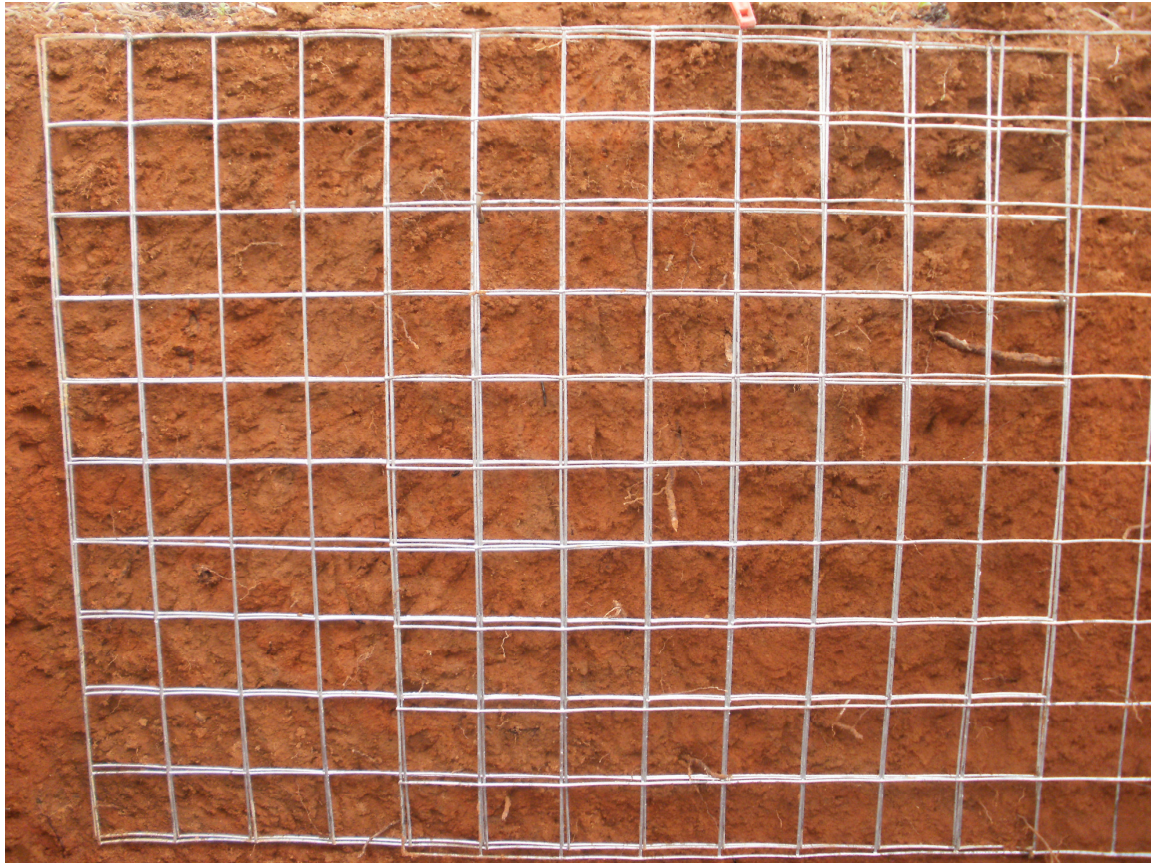
Die tydsinterval wat gekies word, is gebaseer op beide die suigtempo en die grondtipe wat ondersoek word. Terasse/trappe is elke 15 cm in die wande van die profielgate gemaak om die hidrouliese geleiding by die verskillende dieptes te bepaal. Tydsintervalle van 30 sekondes met 'n suigspanning van 0,5 cm is gebruik.



Figuur 9. Mini disk infiltrometer vir die bepaling van onversadigde vloei.



**3.2.8. Wortelverspreiding** - Wortelstudies is m.b.v. die profielwandmetode (Böhm, 1979) vir 'n enkele stok by elke behandeling uitgevoer. 'n Staalraam (rooster) met blokke van 10 cm × 10 cm is aan die wand van die profielgat, by die basis van die wingerdstok, geplaas. Wortels is ingedeel in verskillende grootte klasse [Fyn (< 2 mm), Medium (2-5 mm), Grof (5-10 mm) en Dik (> 10 mm)]. Die aantal wortelsnypunte per blok word getel en dan afgestip op grafiekpapier.



Figuur 10. Wortelrooster wat gebruik is vir die bepaling van wortelverspreiding.

## 4. RESULTATE EN BESPREKING

### 4.1. Geselekteerde grondchemiese ontledings

Die pH- ( $\text{H}_2\text{O}$  en KCl) en  $\text{EG}_e$ -waardes (Elektriese geleivermoë) van al drie proeflokaliteite word in Tabele 2-4 aangetoon. Oor die algemeen is daar 'n afname in pH met 'n toename in grond diepte en behalwe by Broodkraal, het die kontroles (onversteur) laer pH-waardes as die bewerkingsbehandelings gehad. Dit is hoofsaaklik weens die toediening van ameliorante by die bewerkingsbehandelings tydens grondvoorbereiding. Grond se pH beïnvloed die beskikbaarheid van voedingstowwe vir plante en wingerdstokke presteer nie goed wanneer pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) onder 5 daal nie, weens 'n afname in loot- en wortelgroei (Conradie 1983). By hierdie lae pH waardes is die verhoogde konsentrasie uitruilbare aluminium hoofsaaklik verantwoordelik vir die verswakte wortelgroei (Reeve & Sumner, 1970). In gronde met 'n pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) bokant 8.0 word die beskikbaarheid van stikstof, kalsium, magnesium, yster, mangaan, koper en sink beperk en hierdie hoë grond pH waardes word ook geassosieer met boor toksisiteit (Saayman 1981a; Davidson 1991). Die pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) by Nietvoorbij en Kanonkop het op alle dieptes 'n lesing bokant 5 en laer as 8 gegee. Dit is slegs by Broodkraal waar metings onder 5 gedaal het en die wingerdstok se groei moontlik beïnvloed kan word.

$\text{EG}_e$  (Elektriese geleivermoë) word gebruik as indikasie van soutkonsentrasies binne gronde wat nadelig vir gewasse en/of wateropname kan wees (Ayers en Westcott, 1989; Maas, 1990). Die wingerdstok word as matig tot sensitief geklassifiseer, met nadelige effekte op groei en opbrengs indien  $\text{EG}_e$ -waardes bokant 130-300  $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$  styg (Maas, 1986). Aangesien die  $\text{EG}_e$ -waardes by al drie lokaliteite onder hierdie grens val, kan aangeneem word dat die wingerdstokke se groei en wortelverspreidings nie deur die EG benadeel is nie.

### 4.2. Bulkdigtheid

Die effek van verskillende bewerkingsdieptes op die grond se bulkdigtheid, by Nietvoorbij, word in Figuur 11 en 12 aangetoon. Die hoë bulkdigtheid kan toegeskryf word aan die hoë gruis fraksie (>30 %) van die grond asook die tydsverloop vandat die bewerkings toegepas is. Alhoewel daar nie oral statisties betekenisvolle verskille gevind is nie, het die dieper grondbewerkings geneig na laer bulkdigtheid as die kontrole in die ondergrond.

Tabel 2 Grondchemiese ontleding van bewerkingsbehandelings by Nietvoorbij.

Behandeling	Grondvorm	Diepte (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	EG <sub>e</sub> (mS.m <sup>-1</sup> )
Kontrole	Cf 1200	0-30	5.89	4.23	11.96
		30-60	5.54	4.15	11.73
		60-90	5.39	4.20	13.02
		90-120	5.02	3.96	23.20
Operd	Cf 1200	0-30	7.09	6.47	28.40
		30-60	5.01	4.28	14.45
		60-90	5.18	4.30	12.68
		90-120	4.75	3.99	18.55
40 cm bewerk	Cf 1200	0-30	5.73	4.41	11.68
		30-60	6.65	5.19	12.55
		60-90	5.60	4.19	9.30
		90-120	5.98	4.00	12.48
60 cm bewerk	Cf 1200	0-30	7.84	6.85	23.00
		30-60	7.81	6.93	13.74
		60-90	7.33	6.98	11.48
		90-120	7.18	6.24	13.98
80 cm bewerk, besproei	Cf 1200	0-30	7.40	6.26	20.70
		30-60	7.75	6.68	17.38
		60-90	7.85	6.86	14.73
		90-120	6.41	5.33	23.50
80 cm bewerk	Cf 1200	0-30	7.19	5.43	13.68
		30-60	7.13	5.49	5.91
		60-90	6.98	5.56	14.11
		90-120	5.19	3.86	16.29
100 cm bework	Cf 1200	0-30	7.54	6.61	14.22
		30-60	7.30	6.28	7.01
		60-90	7.32	6.08	8.64
		90-120	7.28	5.91	6.97
120 cm bework	Cf 1200	0-30	7.23	5.86	15.30
		30-60	6.90	5.65	13.67
		60-90	6.53	5.05	19.12
		90-120	5.81	4.48	21.30

Cf 1200 = Cartref 1200 (Egolomi)

Tabel 3. Grondchemiese ontleding by Kanonkop.

Behandeling	Grondvorm	Diepte (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	EG <sub>e</sub> (mS.m <sup>-1</sup> )
Onversteur	Tu 2120	0-30	6.47	5.20	5.02
		30-60	5.62	4.90	6.13
		60-90	5.14	4.16	5.70
Skeurploeg en Soilmix	Oa 2220	0-30	6.79	5.36	3.32
		30-60	6.70	5.50	3.56
		60-90	6.44	5.37	7.50
Skeurploeg en dol	Oa 2220	0-30	7.03	5.70	4.19
		30-60	6.87	5.64	4.46
		60-90	6.27	5.15	10.64

Tu 2120 = Tukulu 2120 (Scheepersrus)

Oa 2220 = Oakleaf 2220 (Rooihogte)

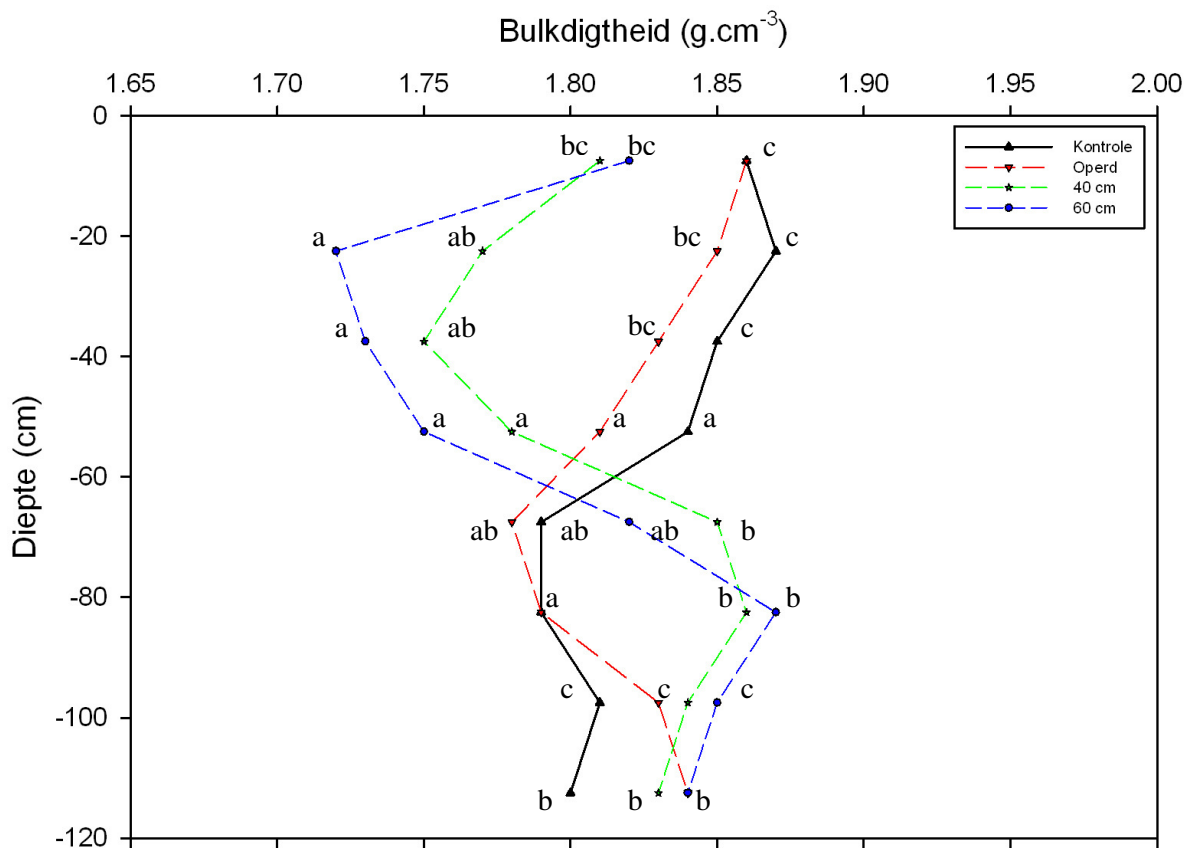
Tabel 4 Grondchemiese ontleding by Broodkraal.

Behandeling	Grondvorm	Diepte (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	EG <sub>e</sub> (mS.m <sup>-1</sup> )
Onversteur	Oa 2220	0-30	4.81	3.47	6.65
		30-60	4.49	3.13	7.71
		60-90	4.65	2.99	7.82
		90-120	4.73	2.82	7.48
Nuwe bewerking (2010)	Oa 2220	0-30	4.65	3.57	16.67
		30-60	4.38	3.48	17.48
		60-90	5.01	3.82	17.81
		90-120	5.48	3.40	9.51
1 jaar oue bewerking (2009)	Oa 2220	0-30	4.27	3.33	20.40
		30-60	4.64	3.70	14.58
		60-90	4.50	3.25	7.43
		90-120	4.54	3.32	7.12

Oa 2220 = Oakleaf 2220 (Rooihoogte)

Die kontrole behandeling (onversteur) het die hoogste bulkdigtheid in die bogrond (< 60 cm) bevat wat die invloed van die bewerkingsaksies beklemtoon (Figure 11 en 12). Die 40 en die 60 cm bewerkings se bulkdigthede is aansienlik hoër as die kontrole dieper as 60 cm. Die hoër bulkdigtheid van die 40 en 60 cm behandeling, dieper as 60 cm, kon moontlik tydens grondvoorbereiding deur die implemente veroorsaak wees. Die resultate toon dat operd en bewerking tot minder as 60 cm geen voordele bo die kontrole, in terme van bulkdigtheid, inhou nie.

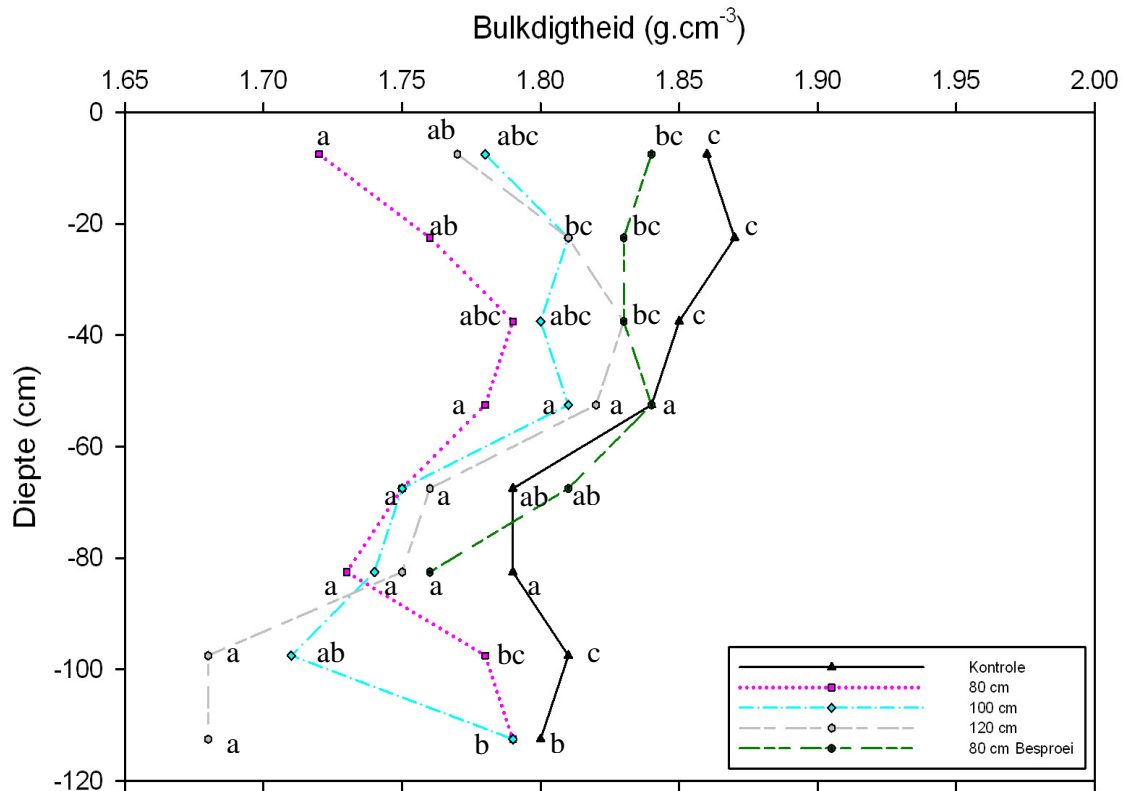
In meeste van die dieper bewerkingsbehandelings (> 60 cm) is daar 'n duidelike toename in bulkdigtheid onderkant die bewerkingsdiepte (Figuur 12). Alhoewel daar nie oral statisties betekenisvolle verskille voorkom nie, is dit veral die dieper bewerkings (100 cm en 120 cm) wat betekenisvol verskil van die vlakker bewerking (80 cm) in die onder grond (90-120 cm). So byvoorbeeld is die effek van die 120 cm bewerking duidelik by die 105-120 cm diepte, waar dit statisties betekenisvol verskil van al die ander behandelings. Die laer bulkdigthede van die dieper grondbewerkings (80 cm, 100 cm en 120 cm) is dus steeds sigbaar na 25 jaar en is 'n goeie aanduiding van die voordelige effekte daarvan op die grond.



Figuur 11. Gemiddelde verandering van bulkdigtheid met diepte van die verskillende vlak (<60 cm) grondbewerkingsbehandelings by die Nietvoorbij proeflokaliteit bepaal. Bulkdigthede per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word, Figuur 11 en 12 word saam vergelyk i.t.v. simbole (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

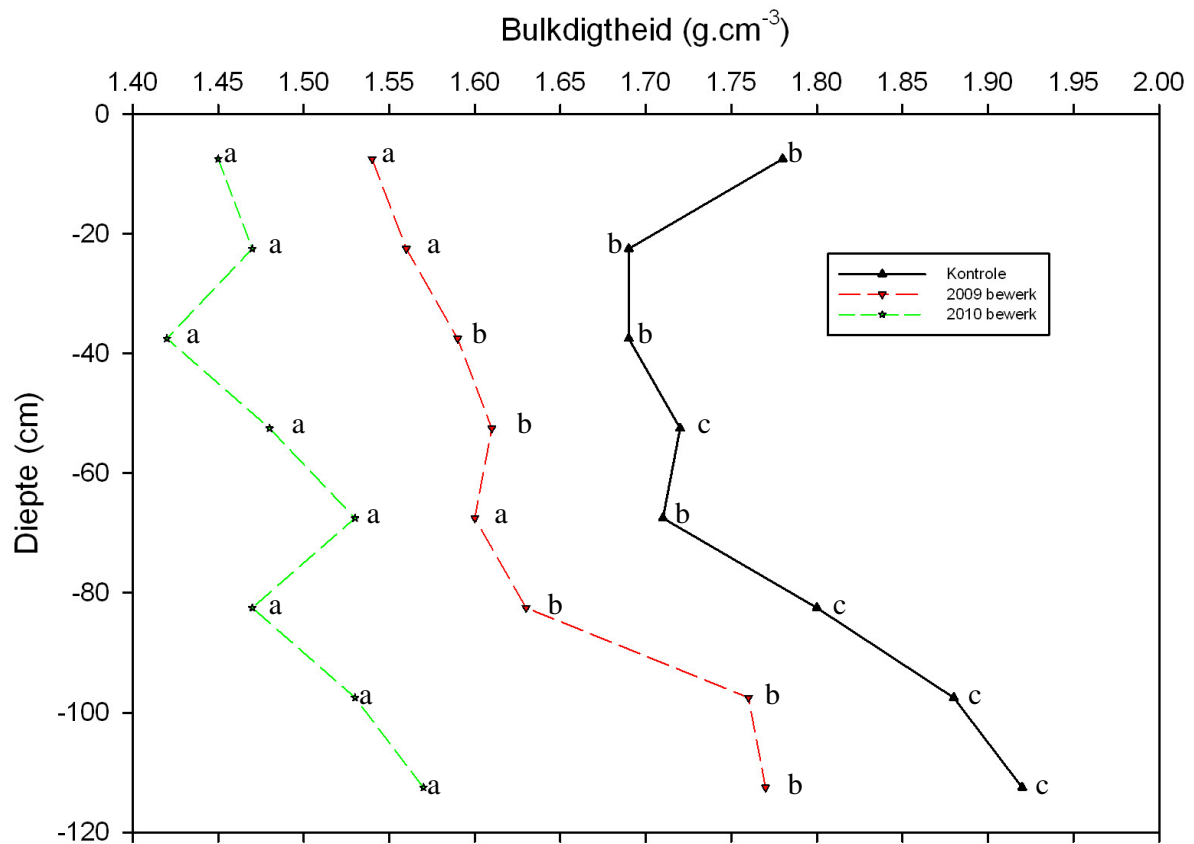
Die effek van grondbewerking en tot watter mate die bulkdigtheid binne 'n tydperk van twee jaar by Broodkraal verander word in Figuur 13 aangetoon. Die kontrole (onversteur) het 'n baie hoër gemiddelde bulkdigtheid as die bewerkingsbehandelings en statisties betekenisvolle verskille tussen die kontrole en bewerkings kom voor op alle dieptes, behalwe by 30-45 cm na twee jaar. Dit is 'n goeie aanduiding dat bewerking wel voordele i.t.v. die bulkdigtheid, veral in die vroeë stadium van die wingerdstok se ontwikkeling, inhou.

Die hoër bulkdigtheid van die onversteurde grond in die boonste 0-20 cm diepte kan moontlik toegeskryf word aan die hoër fynsand fraksie (Bylaag 3) (Van Huyssteen, 1989) asook korsvorming weens die feit dat daar geen oppervlak bedekkings is nie. Toename in bulkdigthede in die ondergrond (90-120 cm) word veroorsaak deur die teenwoordigheid van 'n hoër growwe fragment fraksie by hierdie dieptes. Die onegalige grafiek van die 2010 bewerking is moontlik weens die bewerkingsaksie wat die groot kluite nie doeltreffend opgebreek het nie.



Figuur 12. Gemiddelde verandering van bulkdigtheid met diepte van die verskillende diepte (>60 cm) grondbewerkingsbehandelings by die Nietvoorbij proeflokaliteit bepaal. Bulkdigthede per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

Behalwe by die 0-30 cm en 60-75 cm diepte is daar statisties betekenisvolle verskille tussen die nuwe bewerking (2010) en die jaar oue bewerking (2009), wat aandui dat herverdigting reeds oor die tydperk van een jaar plaasgevind het. Osunbitan *et al.*(2004) het ook aangedui dat bulkdigtheid toeneem met tyd na bewerking soos die grond geleidelik kompakteer onder die invloed van reënval en herverspreiding van partikels. Natuurlike konsolidasie wat gedurende 2009 se hoër reënval plaasgevind het met die kombinasie van benatting en verdroging van die grond, is die hoofrede hiervoor aangesien trekkerverkeer tot die minimum beperk is.

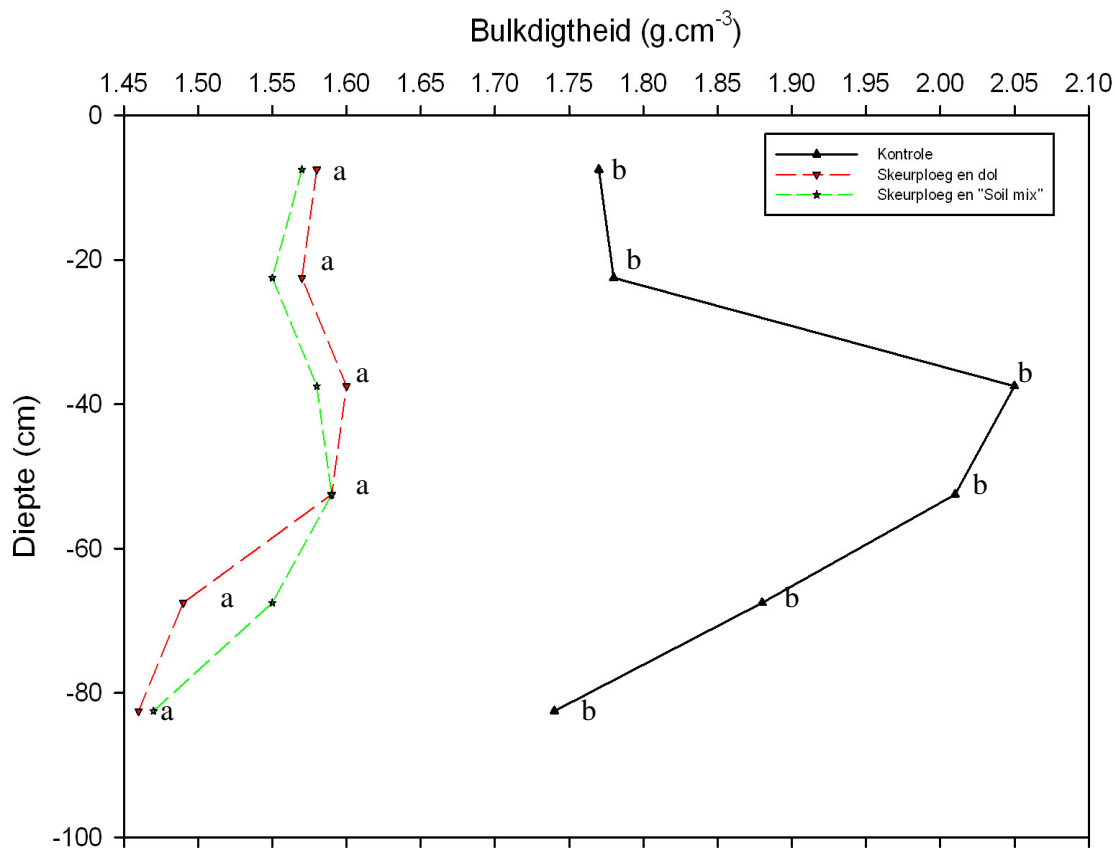


Figuur 13. Gemiddelde verandering van bulkdigtheid met diepte van die verskillende tye na diep grondbewerking by Broodkraal bepaal. Bulkdigthede per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

Die twee verskillende bewerkingspraktyke wat by Kanonkop met mekaar vergelyk is, word in Figuur 14 aangedui. Dit is duidelik dat die kontrole (onversteur) die hoogste bulkdigthede bevat en daar is ook statisties betekenisvolle verskille tussen die kontrole en die twee bewerkings op al die verskillende dieptes. Die abnormale hoë bulkdigthede van hoër as  $2.0 \text{ g.cm}^{-3}$  by die kontrole behandeling wat tussen 30 en 60 cm diepte voorkom, is weens die ferrikreetlaag (relike plintiet) wat op hierdie diepte voorkom. Die laer bulkdigthede in die boonste 20 cm van die kontrole is moontlik veroorsaak deur vlak bewerkings wat in die verlede toegepas is, maar nie diep genoeg was om die ferrikreetlaag te versteur nie. Die twee bewerkingspraktyke het albei goeie resultate gelever en daar is geen noemenswaardige verskil, i.t.v. bulkdigtheid, tussen die twee behandelings nie.

Alhoewel daar geen statisties betekenisvolle verskille by enige diepte tussen die “soilmix” en dol behandelings voorgekom het nie, het die “soilmix” bokant 60 cm geneig om ’n laer bulkdigtheid as die dol-behandeling te hê en onderkant 60 cm die teenoorgestelde.





Figuur 14. Gemiddelde verandering van bulkdigtheid met diepte van die verskillende diep grondbewerkingsbehandelings by Kanonkop bepaal. Bulkdigthede per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

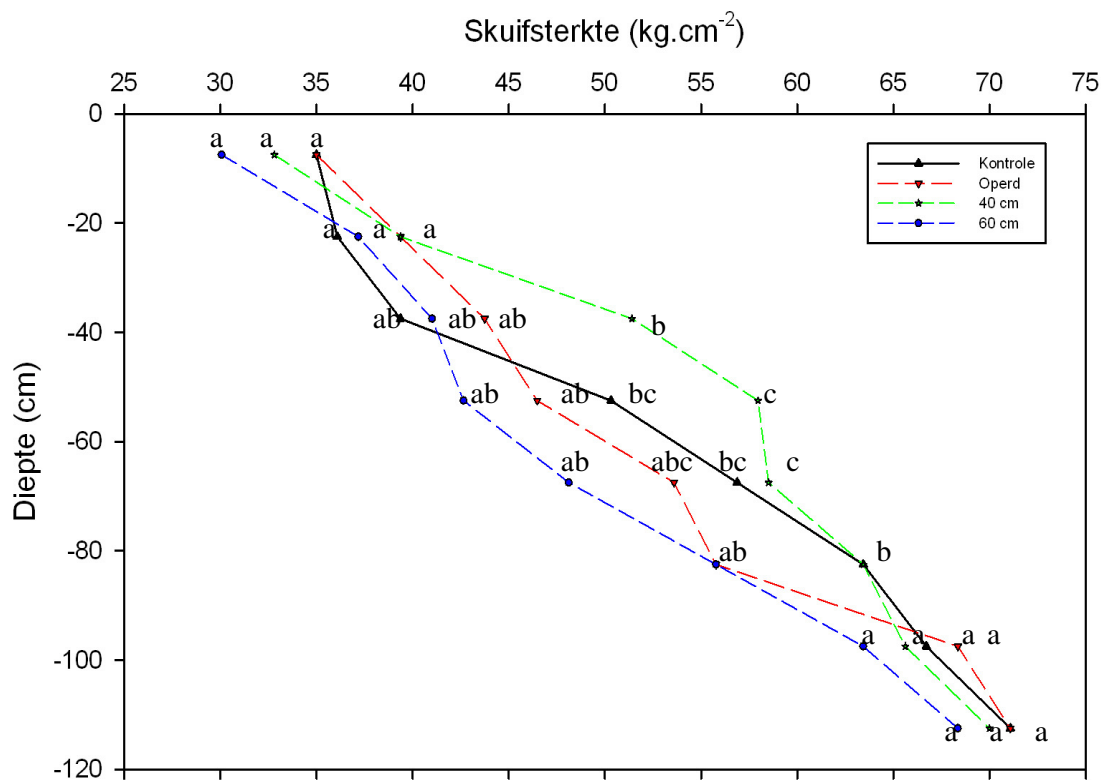
### 4.3. Skuifsterkte

Die effek van verskillende bewerkingsdieptes op die grond se skuifsterkte, by Nietvoorbij, word in Figuur 15 en 16 aangetoon. Alhoewel daar nie oral statisties betekenisvolle verskille gevind is nie, het die dieper grondbewerkings geneig na laer skuifsterktes as die kontrole in die ondergrond. Skuifsterktes het toeneem met 'n toename in gronddiepte, hoofsaaklik weens die toename in klei-inhoud, wat aansluit by Gitau *et al.* (2006). Die hoër skuifsterktes van die 40 cm bewerkingsbehandeling tussen die 20 cm en 70 cm diepte is moontlik deur die grondbewerkingsimplimente veroorsaak. Baumgartl & Horn (1991) het ook gevind dat skuifsterkte toeneem met 'n toename in die lading op die grond.

By die dieper grondvoorbereidingsbehandelings (Figuur 16), het al die behandelings 'n laer skuifsterkte as die kontrole dieper as 40 cm gehad. Daar is ook nie noemenswaardige verskille tussen die onderskeie behandelings dieper as 50 cm nie, alhoewel die verskille na 25 jaar nog

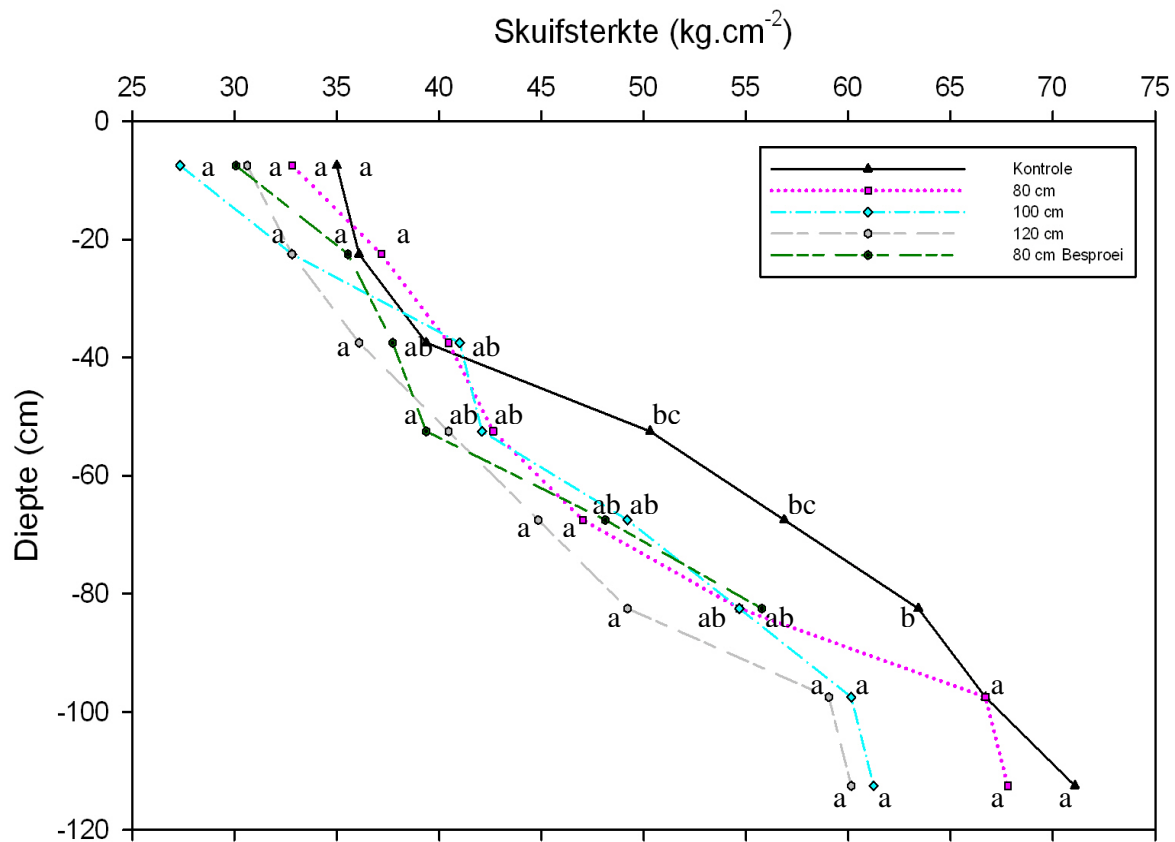


steeds duidelik waargeneem kan word. Dit is 'n soortgelyke tendens as wat met die bulkdigthede verkry is.



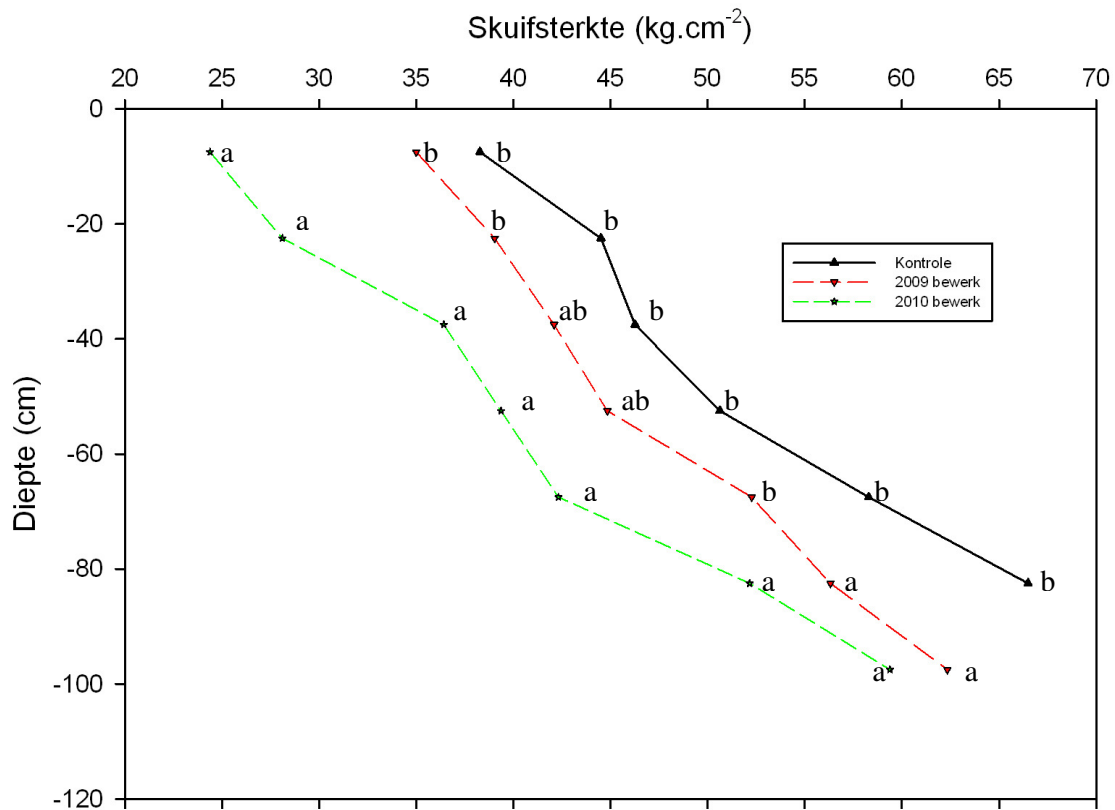
Figuur 15. Gemiddelde verandering van skuifsterkte met diepte van die verskillende vlak (<60 cm) grondbewerkingsbehandelings by die Nietvoorbij proflokaliteit bepaal. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

Die effek van grondbewerking by Broodkraal en tot watter mate skuifsterkte verander binne die tydperk van twee jaar word in Figuur 17 aangetoon. Die kontrolle (onversteur) het deurgaans by al die dieptes 'n baie hoër skuifsterkte as die bewerkingsbehandelings gehad, met statisties betekenisvolle verskille tussen die kontrolle en die jaar oud bewerking (2009) op alle dieptes, wat aandui dat bewerking wel voordele i.t.v. skuifsterkte inhou.



Figuur 16. Gemiddelde verandering van skuifsterkte met diepte van die verskillende diep (>60 cm) grondbewerkingsbehandelings by die Nietvoorby proeflokaliteit bpaal. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

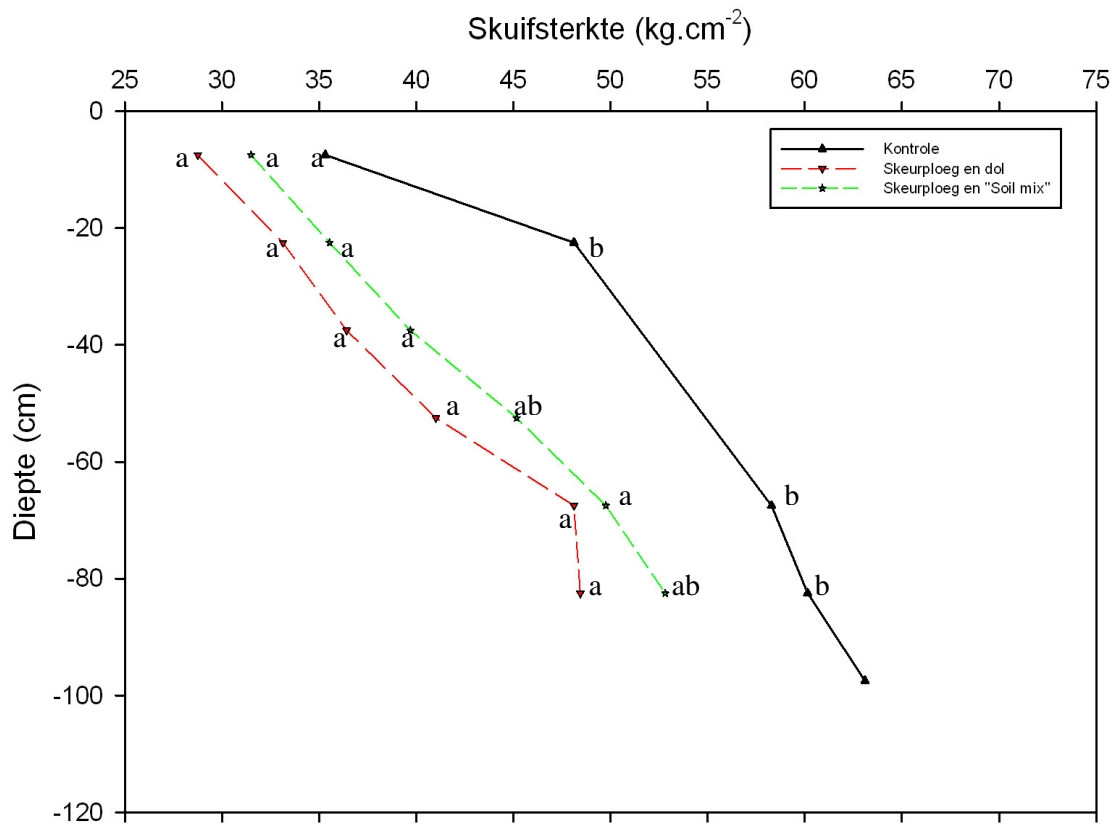
Alhoewel daar nie oral statisties betekenisvolle verskille (slegs by 0-30 en 60-75 cm) tussen die nuwe bewerking (2010) en die jaar oud (2009) bewerking voorkom nie, is daar wel noemenswaardige verskille op alle dieptes. Herverdigting (oor die tydperk van 'n jaar) het dus ook die skuifsterkte beïnvloed. Yavuzean *et al.* (2002) het ook gevind dat skuifsterkte toeneem soos die grond konsolideer. Die groot verskil tussen die bewerkingsbehandelings en die kontrolle is veral beduidend in die dieper grondlae (75-105 cm) wat 'n goeie aanduiding is van die vermoë van die bewerkingsaksie om die grond los te maak.



Figuur 17. Gemiddelde verandering van skuifsterkte met diepte van die verskillende tye na diep grondbewerkings by Broodkraal bepaal. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

Die twee verskillende bewerkingspraktyke wat by Kanonkop met mekaar vergelyk is, word in Figuur 18 aangedui. Dit is duidelik dat die kontrole (onversteur) die hoogste skuifsterkte by alle dieptes gehad het. Behalwe vir die 0-15 cm diepte, het daar statisties betekenisvolle verskille op alle dieptes tussen die kontrole en die bewerkingsbehandelings voorgekom. Die harde weerstandbiedende laag (relike plintiet) wat by die kontrole behandeling tussen 30 - 60 cm diepte teenwoordig is, maak skuifsterktemetings (Figuur. 18) onmoontlik en die data punte is dus afwesig. Dit is ook hierdie weerstandbiedende laag wat verantwoordelik is vir die skielike toename in bulkdigtheid.

Die twee bewerkingspraktyke het albei goeie resultate, i.t.v. skuifsterkte, gelever en daar is geen statisties betekenisvolle verskil tussen die twee handelings nie. Hierdie resultate toon dat albei bewerkingspraktyke baie suksesvol was en voordele inhou bo die onversteurde grond en daar is dus 'n positiewe korrelasie tussen bulkdigtheid en skuifsterkte.



Figuur 18. Gemiddelde verandering van skuiesterkte met diepte van die verskillende diep grondbewerkingsbehandelings by Kanonkop bepaal. Skuiesterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

#### 4.4. Grondsterkte

Die effek van verskillende bewerkingsdieptes op grondsterkte by Nietvoorbij, gemeet deur die penetrometer, word in Figuur. 19a en b aangedui; terwyl die gemiddelde grondsterkte metings per diepte laag vir dieselfde behandelings in Tabel 2 aangedui word. By die 100 cm bewerking was grondsterktes by alle dieptes laer, behalwe die 0-20 cm diepte, as enige ander behandeling (Tabel 2 en Figuur. 19b).

Die kontrole (onversteur) was onvoldoende rakende penetrometerweerstande en het betekenisvolle hoër grondsterktes as die 80, 100 en 120 cm bewerkings, by alle dieptes, gehad (Tabel 2). Verder was grondsterktes van die kontrole by 0-20, 20-40 en 40-60 cm dieptes betekenisvol hoër as die ander grondbewerkings. By die vlakker grondbewerkings (40 en 60 cm) het grondsterkte toegeneem onderkant die bewerkingsdiepte. Die 40 cm bewerking het 'n

skerp toename in grondsterkte by die 40-60 cm diepte en die 60 cm bewerking het 'n skerp toename by die 60-80 cm, waar beide betekenisvol verskil van die 100 cm bewerking.

Tabel 5. Gemiddelde grondsterkte per diepte soos geaffekteer deur diepte van grondbewerking – Nietvoorbij. Skuifsterkte per diepte verskil nie betekenisvol indien deur dieselfde simbool aangedui word (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets –STATISTICA).

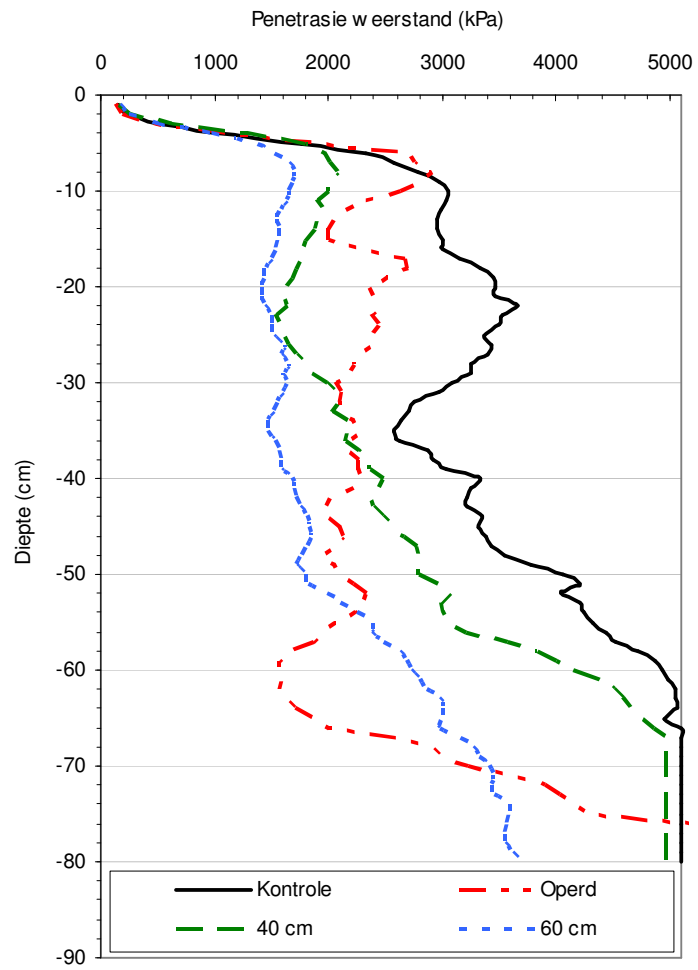
Diepte (cm)	Grondsterkte ( $\text{kPa} \times 10^2$ ) vir die verskillende behandelings							
	Kontrole	Operd	40 cm	60 cm	80 cm	80 cm, besproei	100 cm	120 cm
0-20	24.35 <b>d</b>	20.35 <b>c</b>	16.06 <b>b</b>	13.31 <b>a</b>	13.32 <b>a</b>	19.67 <b>c</b>	14.41 <b>ab</b>	15.24 <b>ab</b>
20-40	31.19 <b>e</b>	22.52 <b>d</b>	19.56 <b>c</b>	15.51 <b>b</b>	16.59 <b>b</b>	21.59 <b>d</b>	13.78 <b>a</b>	22.74 <b>d</b>
40-60	39.57 <b>f</b>	20.38 <b>b</b>	29.90 <b>e</b>	20.59 <b>b</b>	20.98 <b>b</b>	23.23 <b>c</b>	16.31 <b>a</b>	25.65 <b>d</b>
60-80	50.85 <b>e</b>	34.13 <b>c</b>	48.60 <b>e</b>	33.13 <b>c</b>	18.63 <b>a</b>	25.80 <b>b</b>	18.23 <b>a</b>	20.22 <b>a</b>

Die operd behandeling het relatief laer grondsterktes as wat verwag word, veral by die 40-60 cm diepte, en dit word toegeskryf aan die operdwal wat die grondoppervlak sowat 30 cm hoër lig. Die gronddiepte voordat die penetrometer die ondergrond met swaarder klei tekstuur bereik, is dus groter en sal dus tot laer grondsterktes lei.

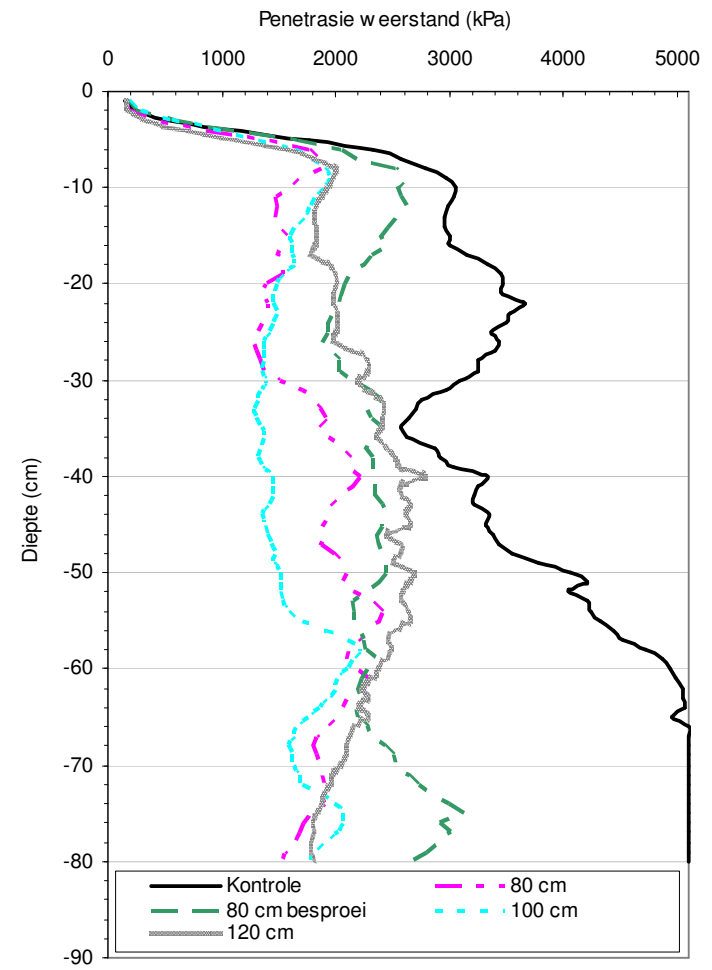
Alhoewel daar ook 'n hoë gemiddelde grondsterkte by die 120 cm bewerking gemeet is, is dit nie noodwendig 'n goeie voorstelling van die bewerkingsaksie nie omdat die penetrometer slegs tot 'n diepte van 80 cm meet. Dit is dan veral op die groter dieptes waar die voordelige effek van dieper bewerkings na vore kom. Die 80 cm -, 100 cm- en 120 cm bewerkings se invloed is na sowat 25 jaar steeds sigbaar in die laer grondsterktes wat dit veroorsaak.

#### 4.5. Versadigde vloei (Dubbelring infiltrometer)

Die effek van verskillende bewerkingsdieptes op die infiltrasie van die grond by Nietvoorbij, word in Figuur 20 en 21 aangedui. Die laagste infiltrasies (laer as die kontrole-behandeling) kom voor by die 40 cm en 60 cm bewerkings en het betekenisvolle laer infiltrasies as die kontrole gelewer (Figuur 20), moontlik weens herverdigting by hierdie bewerkings en die ploeglaag wat infiltrasie belemmer. Dit steun die resultate van Prieksat *et al.* (1994) en Green *et al.* (2003) wat die hoër infiltrasie tempos wat verkry is by geen bewerking aan die kontinuïteit van porieë en 'n gevestigde makroporositeit toegeskryf het.



a



b

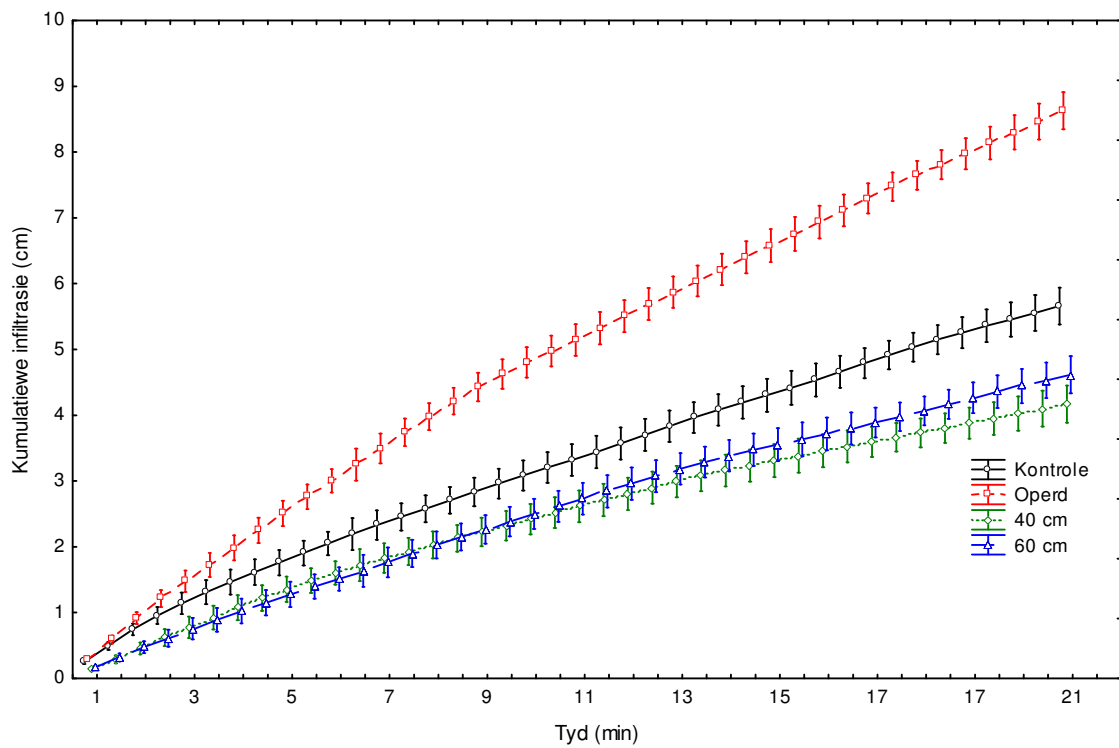
Figuur 19a en b. Effect van verschillende dieptes van bewerking op penetrometerweerstand (Nietvoorbij) in a): vlak (<60 cm) grondbewerkings en b): diep (>60 cm) grondbewerkings.

Die hoogste infiltrasie is verkry by die operd-behandeling en dit het selfs beter resultate as die dieper bewerkings gelever. Dit steun die bevindings van Myburgh *et al.* (1996) dat operd-behandelings hoër waterspannings ervaar weens vinniger dreinerings asook vroeër bevindings oor droëland wingerdstokke op operdwalle se sensitiwiteit vir droogte (Myburgh en Moolman, 1991).

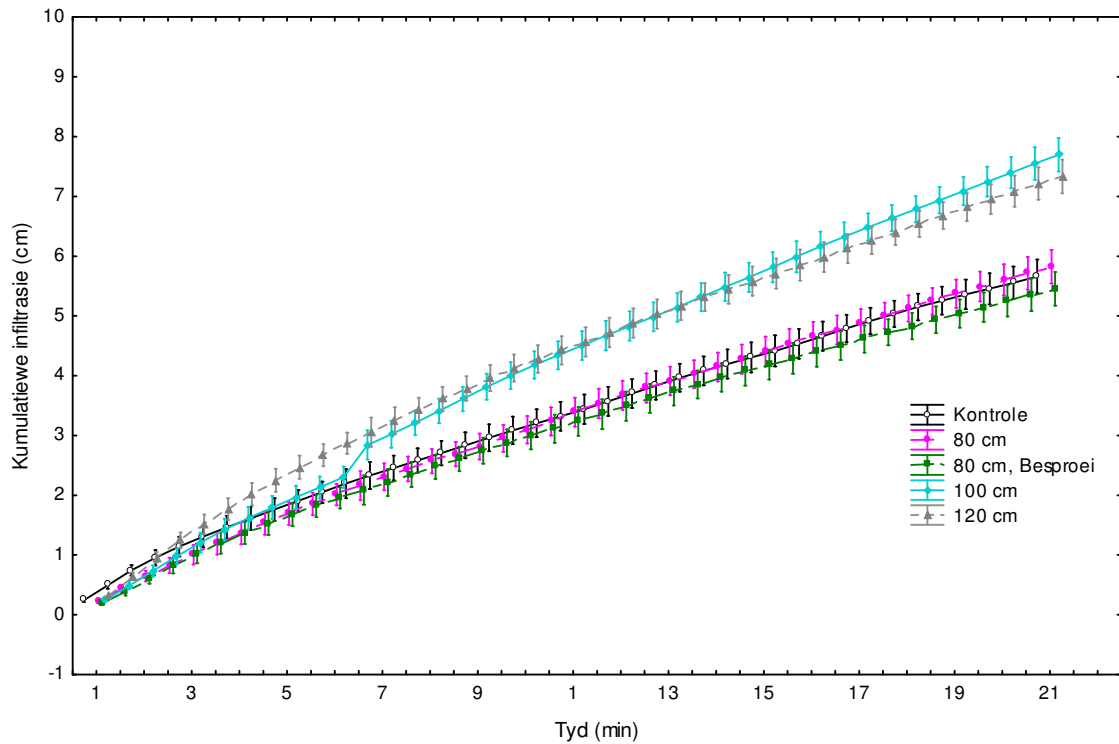
Alhoewel daar geen betekenisvolle verskille tussen die kontrole en die 80 cm bewerkings voorkom nie het die dieper bewerkings (100 en 120 cm) veral beter resultate i.t.v. infiltrasie as die vlakker bewerkings en die kontrole, gelever. Die voordelige effek van die dieper bewerkings is dus steeds na sowat 25 jaar sigbaar en sluit aan by Baumhardt & Jones (2005) wat ook gevind het dat infiltrasie steeds na 30 jaar hoër is by die bewerkingsbehandeling.

Die invloed van grondbewerking op infiltrasie met die dubbelring infiltrometer by Broodkraal word in Figuur 22 aangedui. Die kontrole (onversteur) se infiltrasie is statisties betekenisvol laer as albei bewerkingsbehandelings. Grondbewerking het dus 'n baie goeie uitwerking op die infiltrasie van water in die grond. Alhoewel daar nie betekenisvolle verskil voor kom tussen die nuwe (2010) bewerking en die jaar oue (2009) bewerking nie, is daar wel 'n neiging dat die 2010 bewerking 'n effens hoër infiltrasie het. Osunbitan *et al.* (2004) het ook aangedui dat infiltrasie afneem met tyd na bewerking. Die herverdigting wat sigbaar is in die bulkdigtheid en skuifsterkte het egter nie so 'n groot uitwerking op die infiltrasie van die grond gehad nie.

Die twee verskillende bewerkingspraktyke wat by Kanonkop (dol en “soilmix”) met mekaar vergelyk is, word in Figuur 23 aangedui. Dit is duidelik dat die kontrole (onversteur) se infiltrasie betekenisvol laer is as die twee bewerkingsbehandelings. Die harde weerstandbiedende laag (relieke plintiet) van die kontrole (onversteur) by 'n diepte van 30 - 60 cm dra moontlik by tot die laer infiltrasie. Die twee bewerkingspraktyke het albei goeie resultate, t.o.v. infiltrasie, gelever en daar is geen betekenisvolle verskil tussen die twee behandelings nie. Hierdie resultate toon dat albei bewerkingspraktyke baie suksesvol was om die infiltrasie van water in die grond te verbeter.

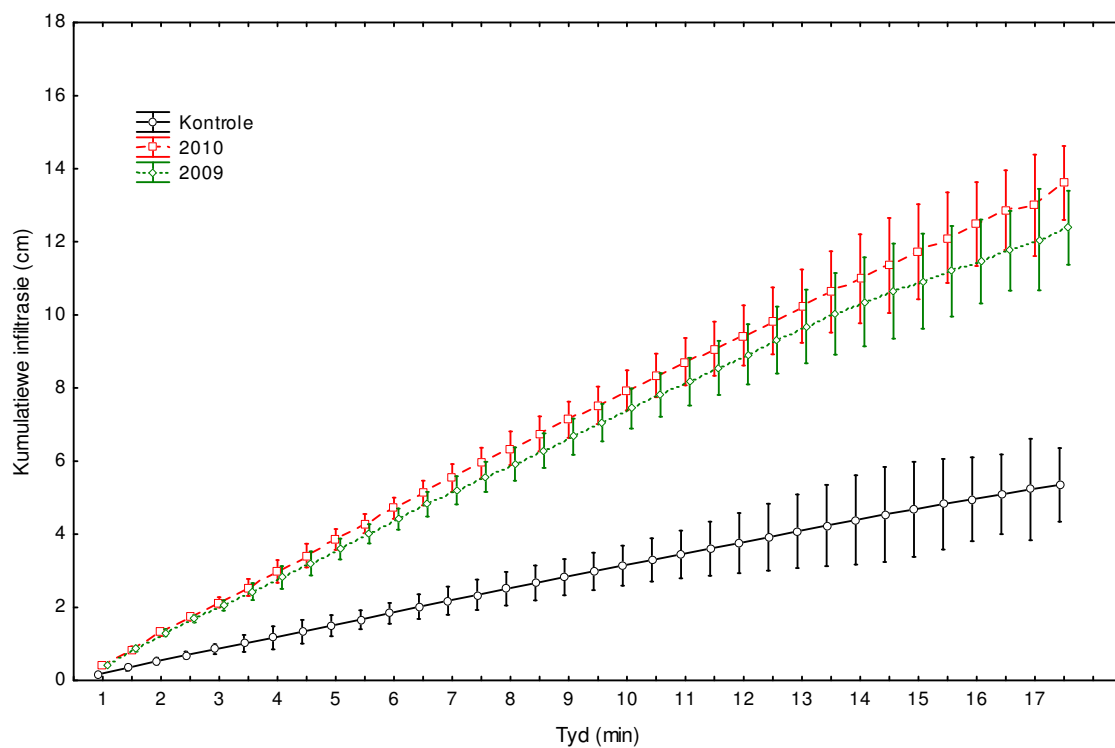


Figuur 20. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer vir die vlakker bewerkings (< 60 cm), soos by Nietvoorbij bepaal (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

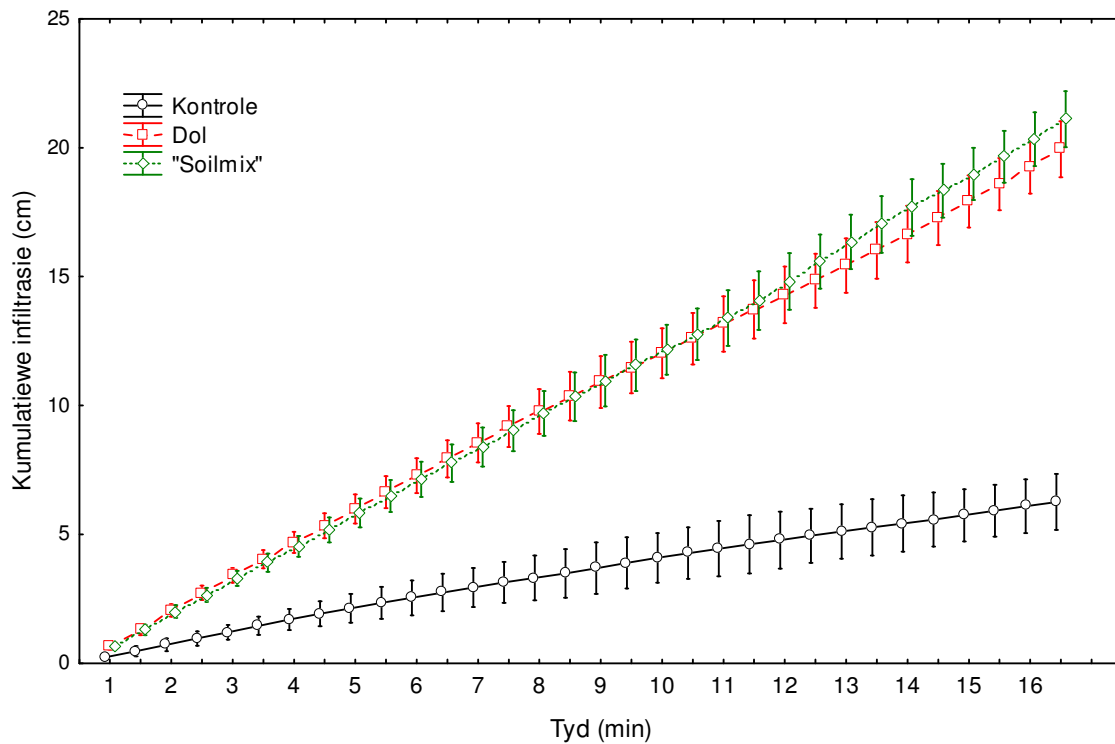


Figuur 21. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer vir die dieper bewerkings (> 60 cm), soos by Nietvoorbij bepaal (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).





Figuur 22. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer, soos by Broodkraal bepaal (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).



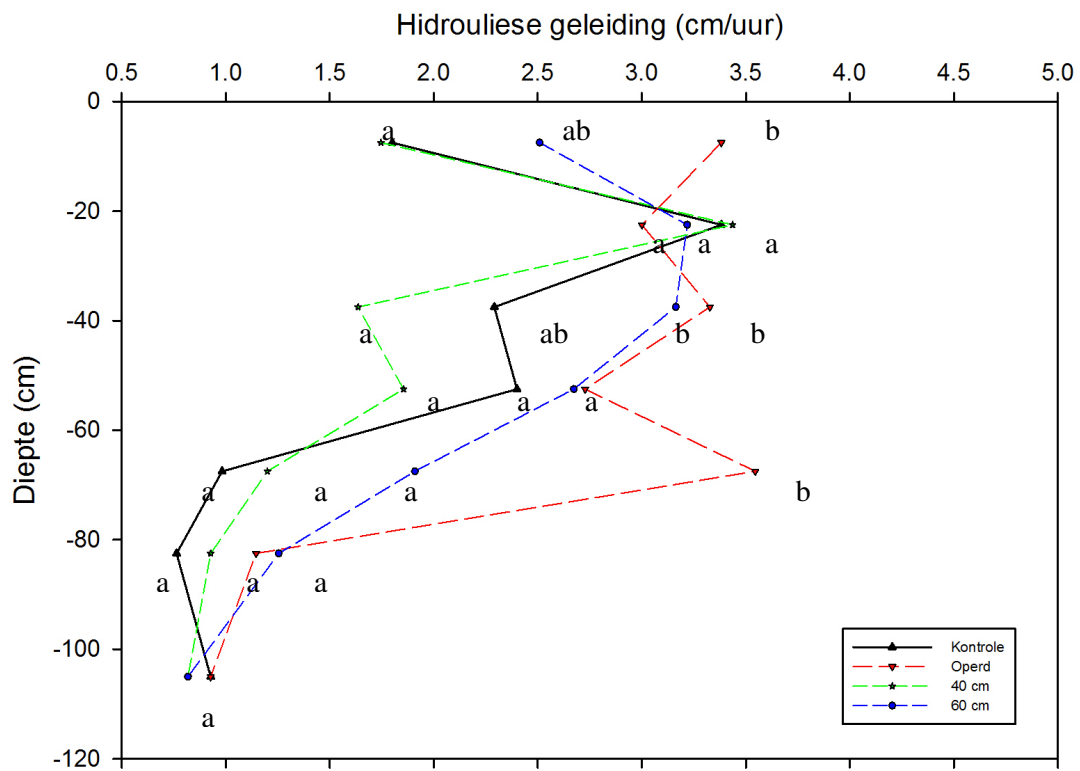
Figuur 23. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer, soos by Kanonkop bepaal (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

#### 4.6. Onversadigde vloei (Mini disk infiltrometer)

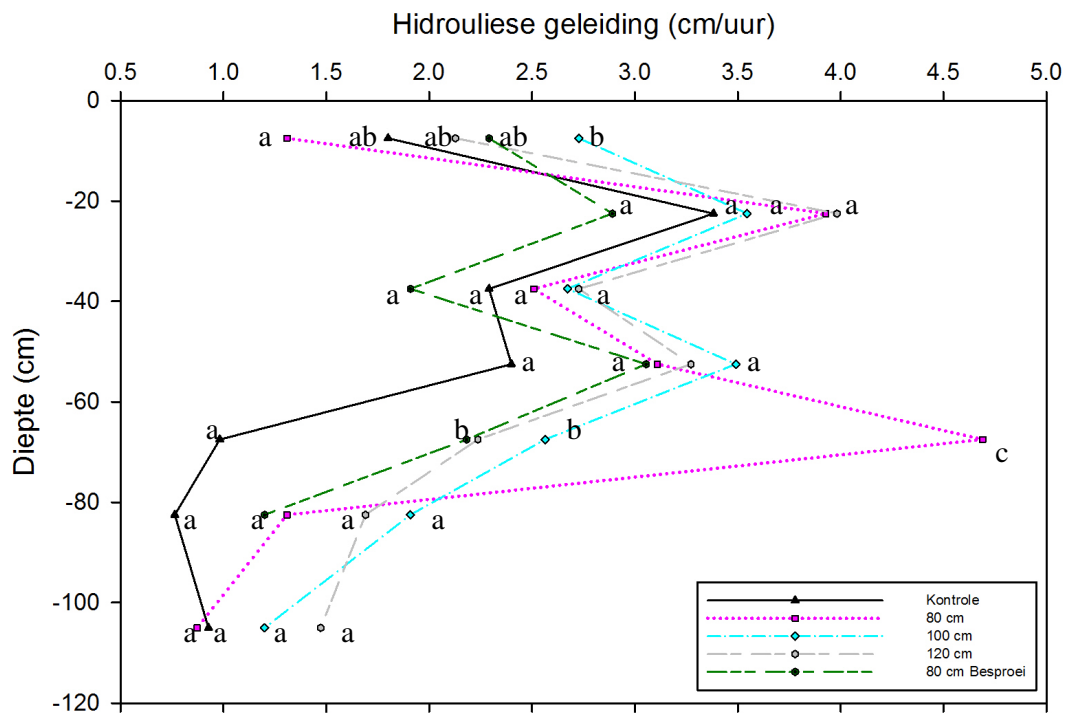
Hidrouliese geleiding met die Mini disk infiltrometer is slegs by Nietvoorbij en Kanonkop bepaal. Terasse/trappe is in die wande van die profielgate by die verskillende dieptes gemaak (soos beskryf in afdeling 3.2.7) waar die infiltrometer geplaas word om sodoende hidrouliese geleiding te bepaal. Die onvermoë om terasse in die profielwande van die nuwe bewerkings by Broodkraal te maak, is die rede waarom metings nie hier geneem kon word nie.

By Nietvoorbij het die resultate verkry met die mini disk infiltrometer varieër en kon daar nie 'n konstante effek by die verskillende bewerkingsdieptes waargeneem word nie (Figuur 24 en 25). Dit is hoofsaaklik weens die lang tydsverloop vandat die bewerkings toegepas is. Die operd-behandeling het soos met die dubbelring infiltrometer ook hoër infiltrasies gelever en noemenswaardige hoër hidrouliese geleidings het by die 0-15 en 30-45 cm laag voorgekom, wat dan ook aansluit by Myburgh *et al.* (1996) dat infiltrasie van water by operd-behandelings hoër is. Verder is daar ook op geen diepte statisties betekenisvolle verskille tussen die kontrole, 40- en 60 cm bewerkings nie. Alhoewel die dieper bewerkings (100 en 120 cm) nie noodwendig betekenisvolle beter resultate gelever het nie is dit veral in die dieper grondlae (60-90 cm) waar die dieper bewerkings geneig het om hoër geleidings te toon.

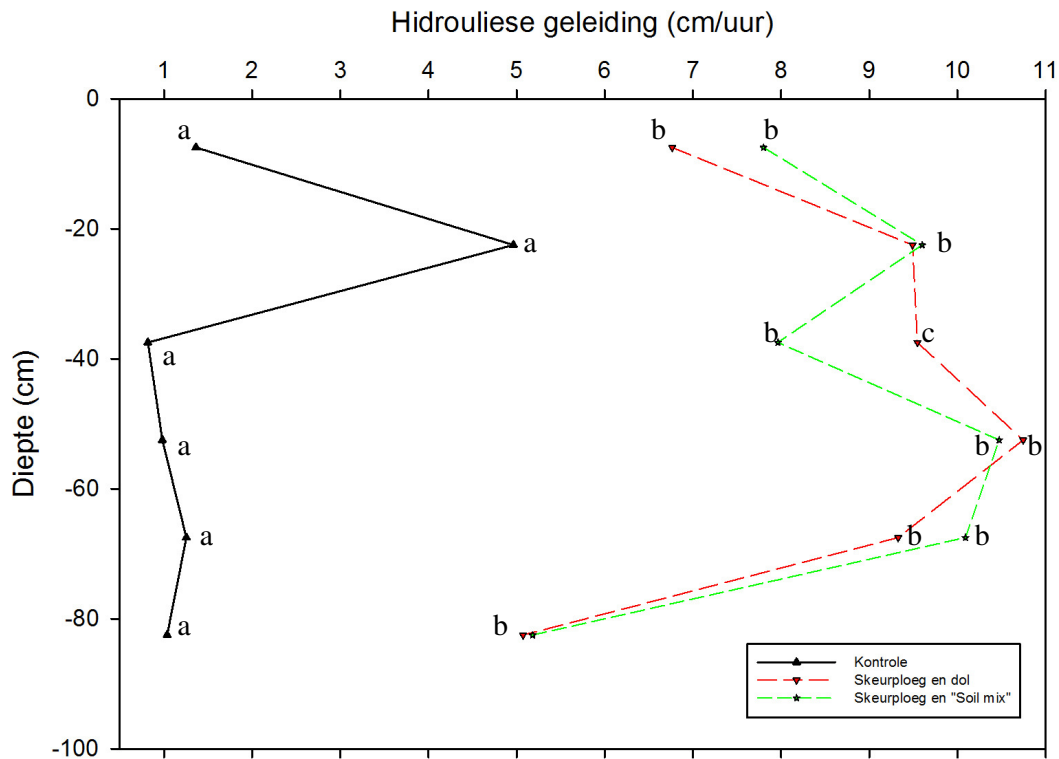
In Figuur 26 word die effek van die verskillende grondvoorbereidingspraktyke op hidrouliese geleiding by Kanonkop aangedui. Die kontrole behandeling het reg deur die profiel, op alle dieptes, betekenisvolle laer hidrouliese geleidings as die twee bewerkings gehad; terwyl daar slegs op die 45-60 cm diepte betekenisvolle verskil tussen die twee bewerkings was. Die skerp toename vanaf die 0-15 cm na die 15-30 cm laag kan moontlik toegeskryf word aan oppervlak korsverdigting wat infiltrasie belemmer en afwesig is by die 15-30 cm laag. By die 30-60 cm laag word die skerp daling in hidrouliese geleiding weer veroorsaak deur die ferrikreetlaag (relieke plintiet) wat op hierdie diepte voorkom en ook verantwoordelik is vir die toename in bulkdigtheid (soos beskryf in afdeling 4.2). Baumhardt & Jones (2005) het ook aangedui dat infiltrasie toegeneem het na die verwydering van 'n harde weerstandbiedende laag in die ondergrond.



Figuur 24. Hidrouliese geleiding van die vlakker bewerkings (<60 cm) met die mini disk infiltrometer, soos by Nietvoorbij bepaal (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).



Figuur 25. Hidrouliese geleiding van die dieper bewerkings (>60 cm) met die mini disk infiltrometer, soos by Nietvoorbij bepaal (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).



Figuur 26. Hidrouliese geleiding van twee verskillende grondvoorbereidingspraktyke met die minidisk infiltrometer, soos by Kanonkop bepaal (KBV  $p=0.05$ ; Bonferroni toets - STATISTICA).

#### 4.7. Wortelverspreiding

Wortelverspreiding van die wingerdstokke is slegs by Nietvoorbij en Kanonkop ondersoek. Die 2009 bewerking by Broodkraal se wingerdstokke het nog nie goeie wortelverspreiding gehad nie en die 2010 bewerkings was tydens die studie nog nie met wingerd beplant nie.

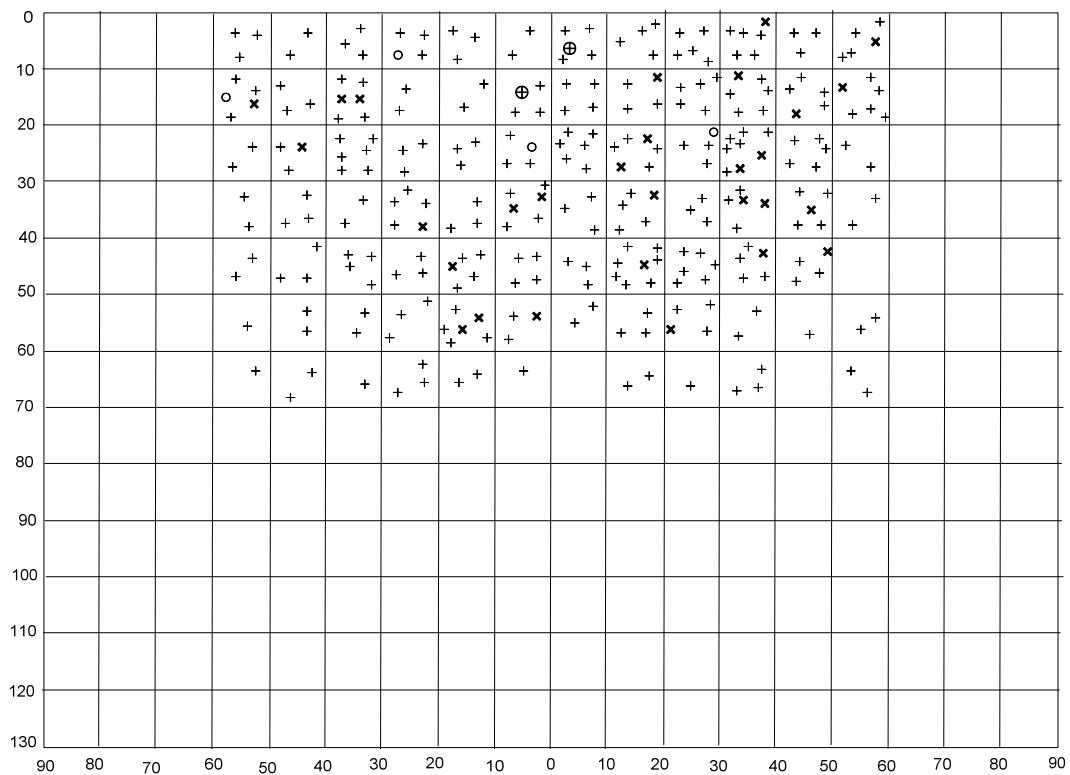
By die grondvolume proef op Nietvoorbij is dit duidelik dat die vlakker grondbewerkings (kontrolle, 40 cm - en 60 cm bewerkings) 'n kleiner wortelverspreiding bevat en dat die wortels nie so diep in die grond indring nie (Figuur 27, 28 en 29). Dit sluit aan by Saayman (1982) wat gevind het dat wortelgroei beperk word deur die grondvolume wat bewerk word. Die operd behandeling (Figuur 30) het 'n groter/dieper wortelverspreiding as wat verwag word en dit is moontlik weens die operd wal, van sowat 30 cm, wat veral in die jongstadium van die wingerdstok se ontwikkeling wortelverspreiding kon bevoordeel het. Die wingerdstok

het sodoende 'n groter grondvolume beskikbaar voordat dit die ondergrond met swaarder klei tekstuur bereik.

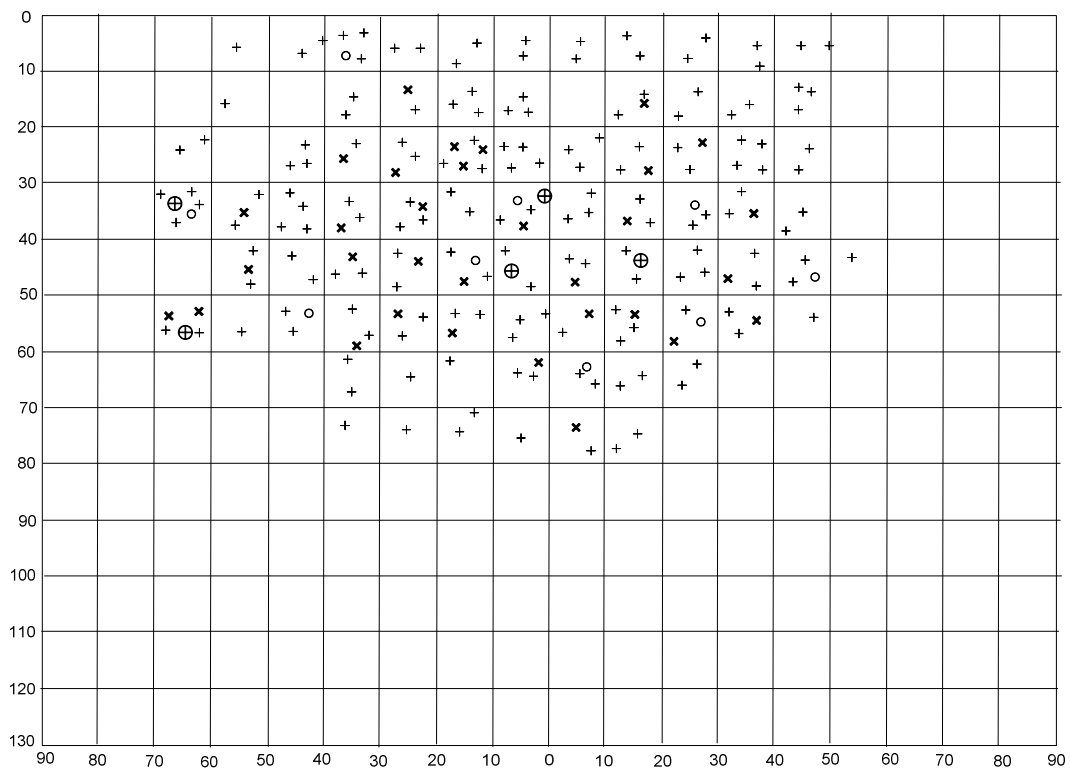
In Figuur 31 is dit duidelik dat die besproeiings-behandeling nie 'n baie diep wortelverspreiding besit nie weens die feit dat die wortels gekonsentreerd is in die grondvolume wat deur die mikrosput benat word. Uit die lynsketse van die wortelverspreidings is dit ook duidelik dat die dieper grondbewerkings (80, 100 en 120 cm ) beter resultate t.o.v. wortelverspreiding gelewer het (Figure 32 tot 34). Die grootste wortelverspreiding kom voor by die 120 cm bewerking (Figuur 34) waar die wortels tot dieptes van 130 cm groei. Dit is ook duidelik dat veral die dikker wortels dieper voorkom met 'n toename in die bewerkingsdiepte.

Alhoewel die verskillende behandelings se wortelverspreidings nie noodwendig ondersteun word deur die resultate van die bulkdigthede (weens herkompaksie met verloop van tyd) nie, is daar wel 'n positiewe verwantskap tussen wortelverspreiding en diepte van bewerking. Dit beklemtoon die belangrikheid van 'n goeie grondbewerking vir die ontwikkeling van 'n wingerstok, veral gedurende die eerste paar jaar na plant.

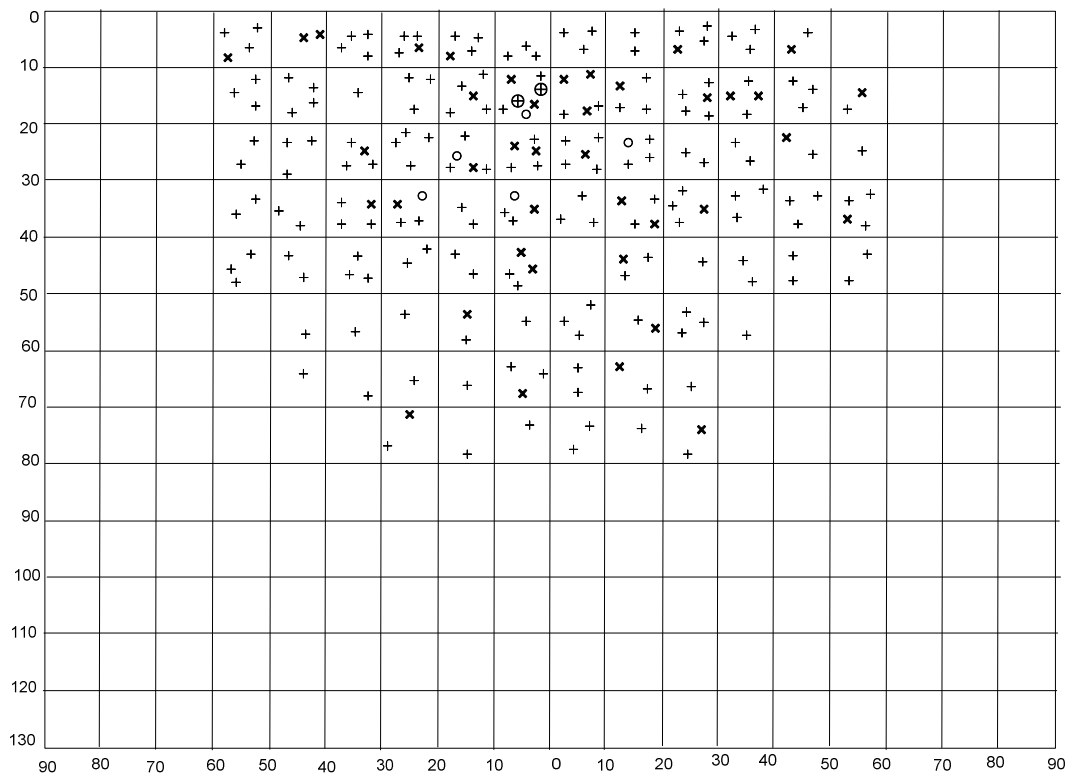
Die effek van die twee verskillende bewerkingspraktyke by Kanonkop; nl. skeurploeg gevolg deur dolbewerking en skeurploeg gevolg deur "soilmix", op die wortelverspreiding van die wingerdstok word getoon in Figuur 35 en 36. Albei bewerkings het 'n digte wortelverspreiding met 'n goeie verspreiding van dik en fyn wortels. By albei van die bewerkings kom wortels voor tot by 'n diepte van 120 cm, wat dui op goeie wortelverspreiding. Alhoewel daar nie werklike verskille tussen die twee praktyke se wortelverspreidings is nie, kom wortels by die skeurploeg en dol bewerking effens dieper voor. Uit die twee lynsketse is dit dus duidelik dat albei die bewerkingspraktyke suksesvol was rakende die skepping van 'n gunstige grondvolume vir wortelontwikkeling.



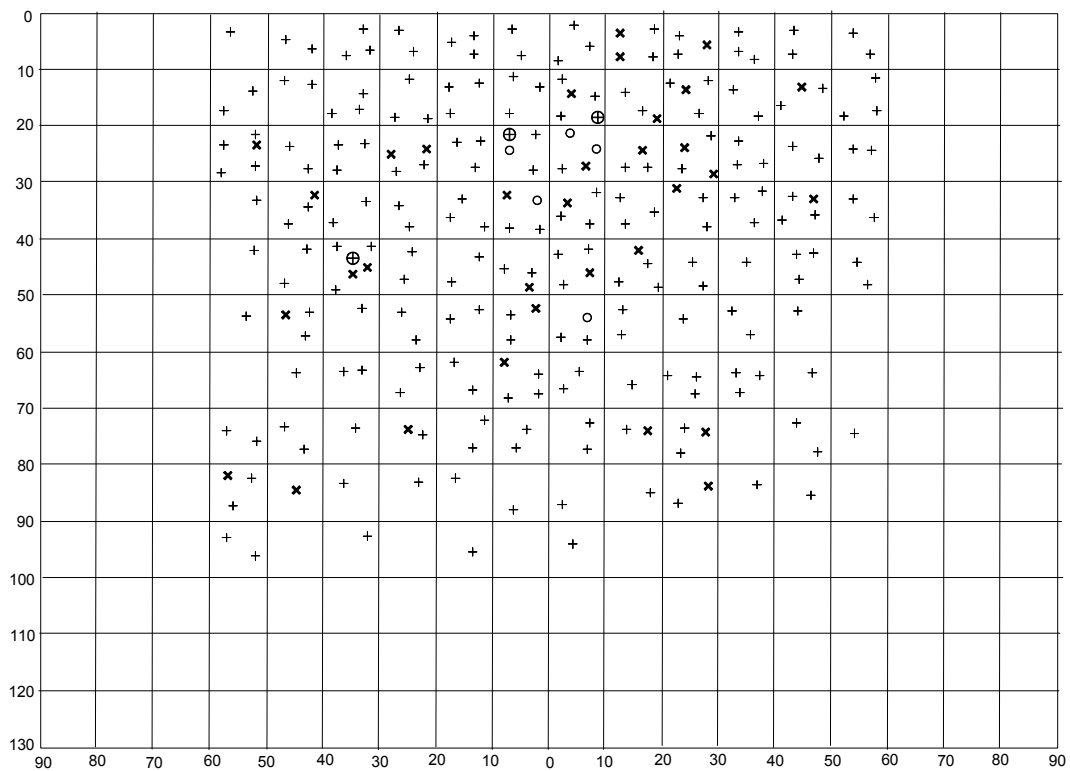
Figuur 27. Wortelverspreiding van die Kontrole-behandeling by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), **O** = Grof (5-10 mm) en **⊕** = Dik (> 10 mm).



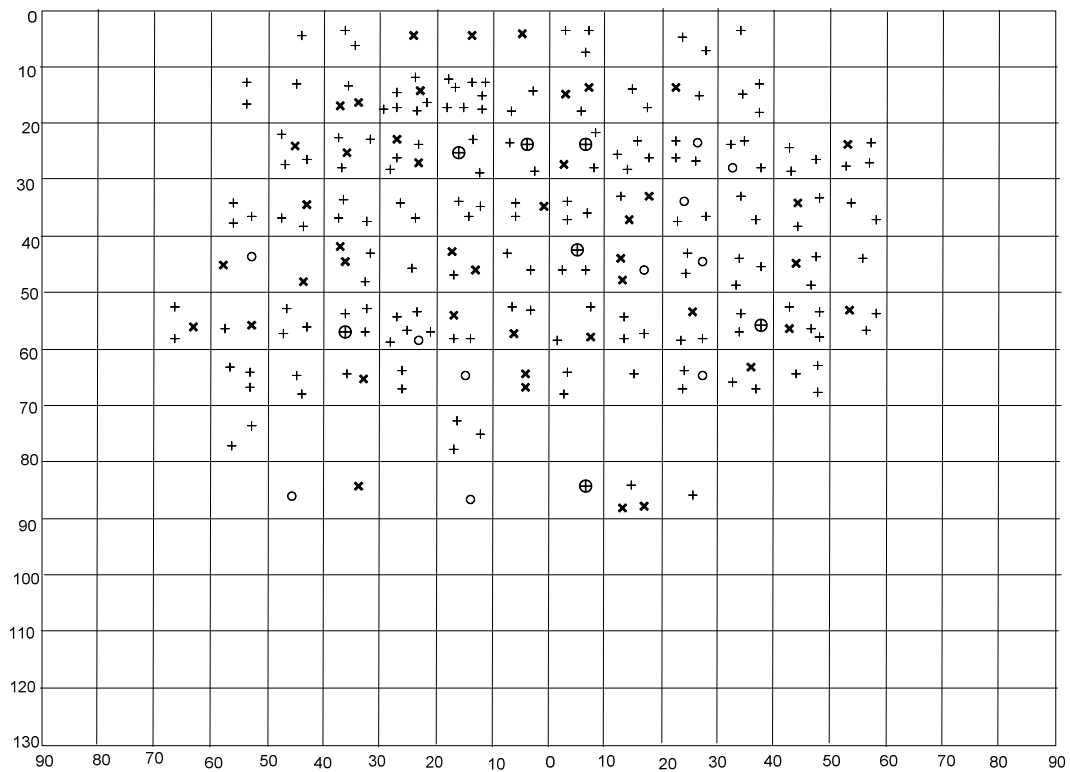
Figuur 28. Wortelverspreiding van 40 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), **O** = Grof (5-10 mm) en **⊕** = Dik (> 10 mm).



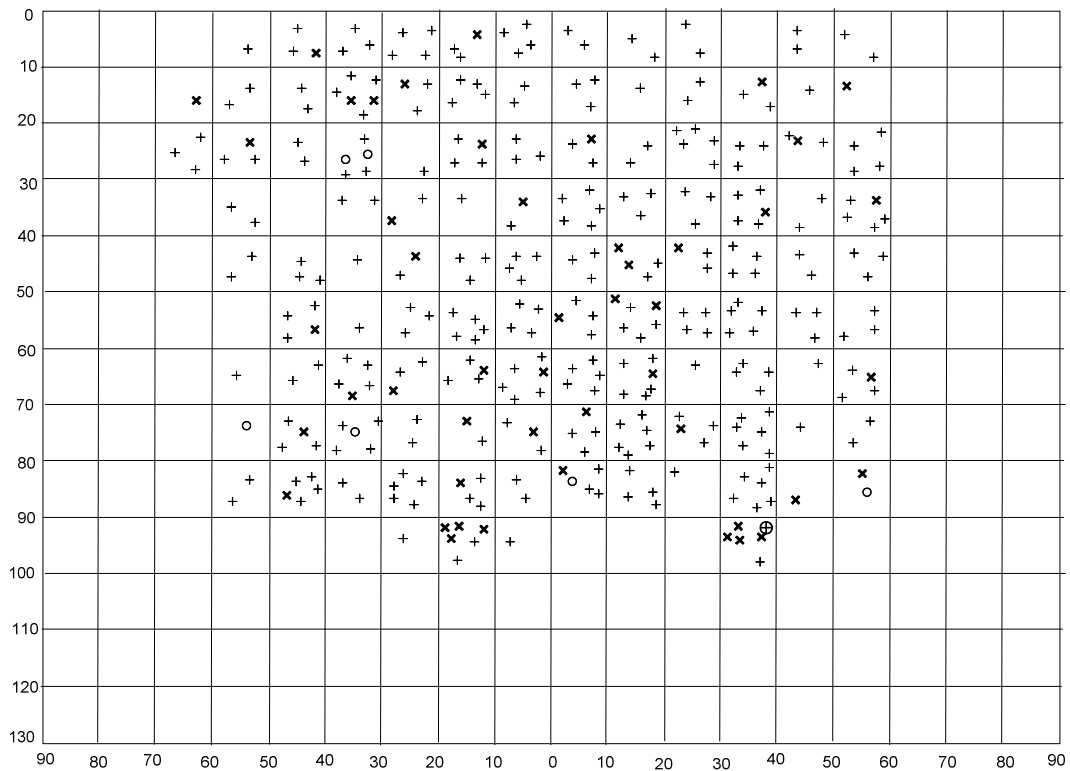
Figuur 29. Wortelverspreiding van 60 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), O = Grof (5-10 mm) en  $\oplus$  = Dik (> 10 mm).



Figuur 30. Wortelverspreiding van die Operd-behandeling by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), O = Grof (5-10 mm) en  $\oplus$  = Dik (> 10 mm).

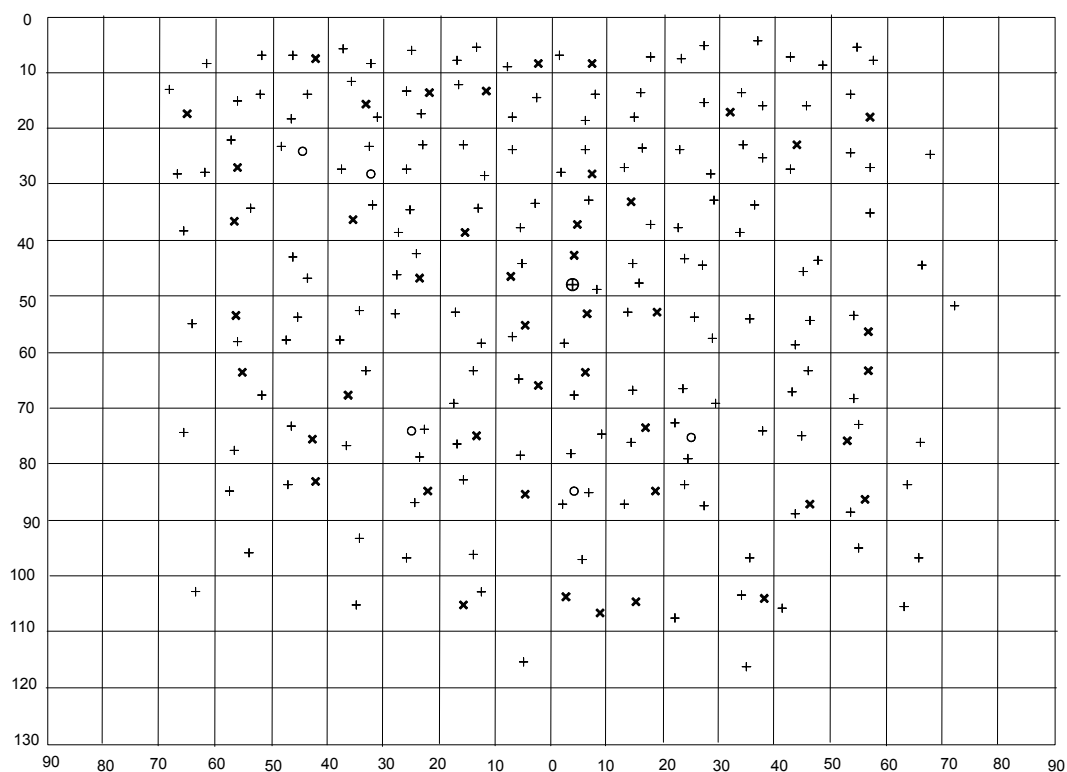


Figuur 31. Wortelverspreiding van 80 cm bewerking met besproeiing by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), O = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).

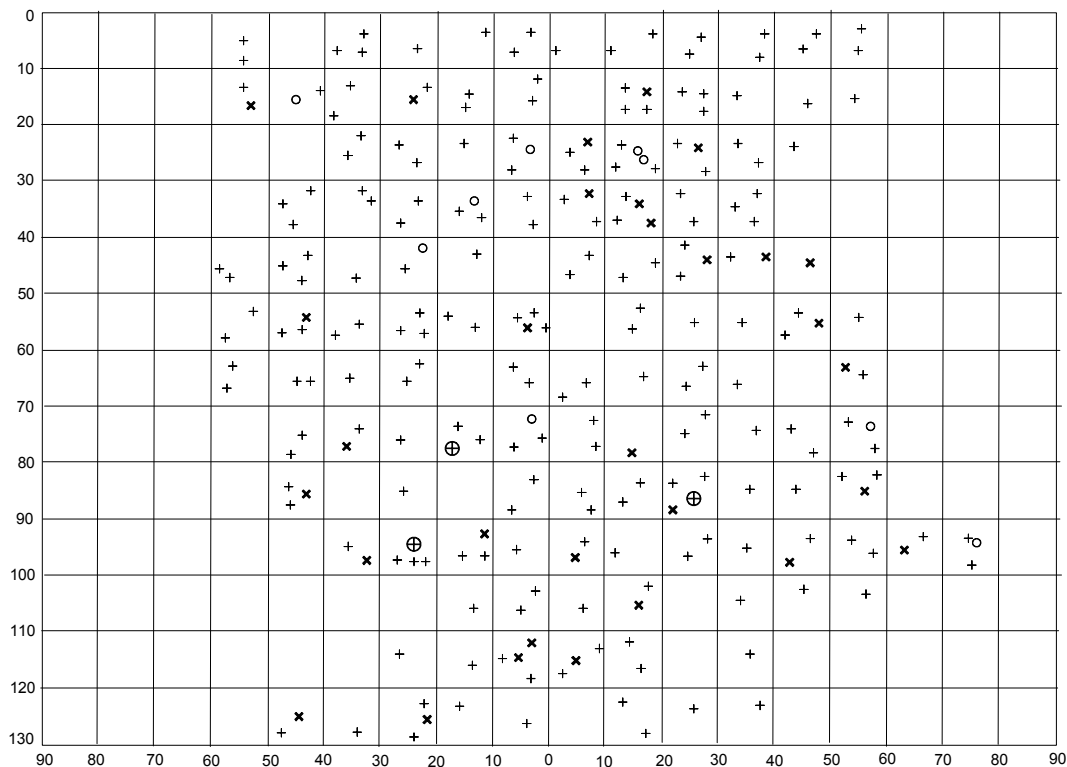


Figuur 32. Wortelverspreiding van 80 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), O = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).

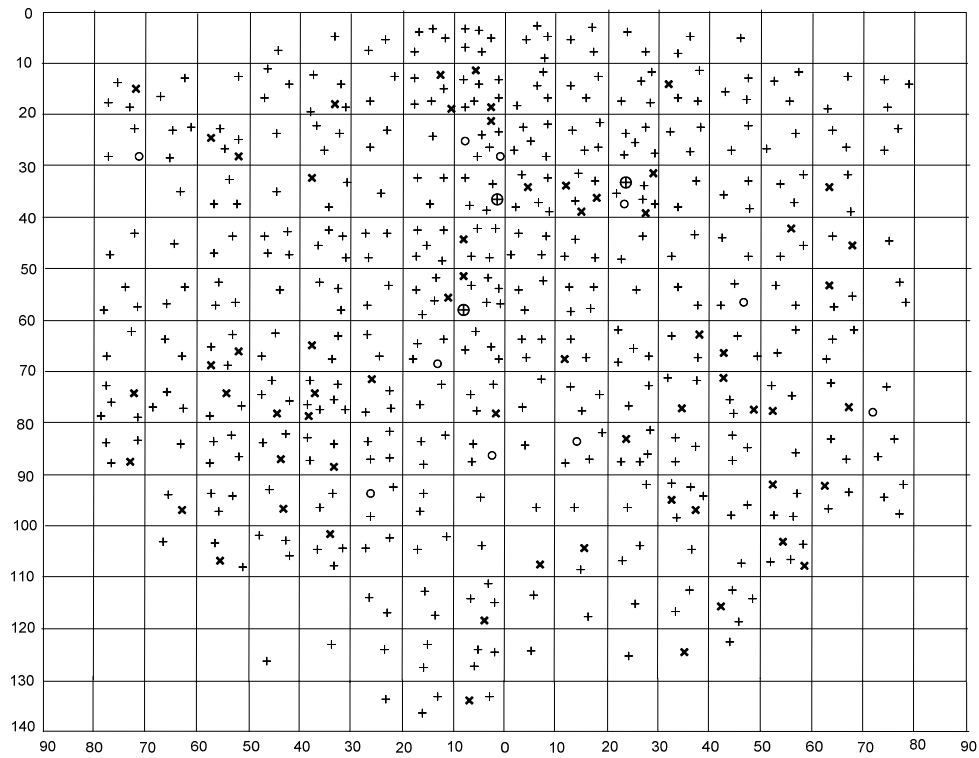




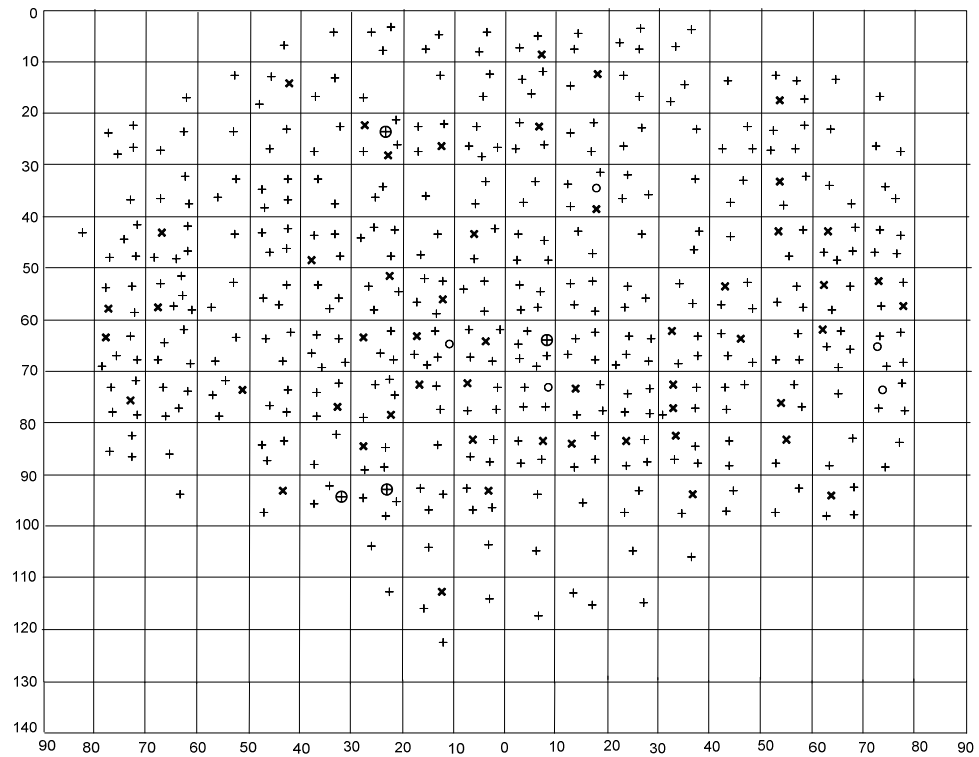
Figuur 33. Wortelverspreiding van 100 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), O = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).



Figuur 34. Wortelverspreiding van 120 cm bewerking by Nietvoorbij. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), O = Grof (5-10 mm) en ⊕ = Dik (> 10 mm).



Figuur 35. Wortelverspreiding van Skeurploeg en Dol behandeling by Kanonkop. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), O = Grof (5-10 mm) en  $\oplus$  = Dik (> 10 mm).



Figuur 36. Wortelverspreiding van Skeurploeg en "Soilmix" behandeling by Kanonkop. Die simbole stel die volgende voor: + = Fyn (< 2 mm), **X** = Medium (2-5 mm), O = Grof (5-10 mm) en  $\oplus$  = Dik (> 10 mm).

## 5. GEVOLGTREKKINGS

Die belangrikheid van grondvoorbereiding word beklemtoon deur die groter grondvolume wat vir wortelgroei beskikbaar gestel word asook 'n beter buffervermoë teen die invloed van ongunstige klimaats- en voedingstoestande. Weens die groot verskeidenheid grondvorme wat in die Wes-Kaap voorkom verskil die effek van grondbewerking asook die mate van herverdigting op elkeen van die verskillende grondvorme. Vir die produsent is dit belangrik dat die bewerkingspraktyk wat toegepas word, voldoende is; en indien wel, dat die effek daarvan solank as moontlik behoue sal bly. Die verskillende bewerkingspraktyke (hoofsaaklik die dieper bewerkings) het getoon dat bewerking beslis voordele inhou bo onversteurde grond en alhoewel herverdigting oor tyd plaasgevind het, kan die voordelige effekte (soos by Nietvoorbij) vir selfs 25 jaar steeds in sommige gronde sigbaar wees. Soortgelyke tendense is deur Van Huyssteen (1989) en Baumhart & Jones (2005) aangetoon, waar die losmaak effek van diepbewerking steeds na 15 en 30 jaar onderskeidelik gemeet kon word.

Daar is gevind dat bulkdigtheid onderkant die bewerkingsdiepte toeneem het. Die kleiner verskille, waargeneem tussen die verskillende bewerkingsbehandelings, kan toegeskryf word aan die lang tydverloop van sowat 25 jaar nadat die bewerkings toegepas is. Daaruit kan afgelei word dat hoe langer die tydverloop nadat 'n bewerking toegepas is hoe kleiner word die verskil tussen die handelings. Die onversteurde grond by Broodkraal het baie hoër bulkdigtheid as die nuwe bewerking (2010) en die jaar oue bewerking (2009) gehad. Betekenisvolle verskille op sommige dieptes kom voor tussen die nuwe bewerking (2010) en die jaar oue bewerking (2009), wat aandui dat herverdigting reeds oor die tydperk van 'n jaar plaasgevind het. Herverdigting is moontlik onder andere veroorsaak deur die invloed van reënval en herverspreiding van partikels, aangesien trekkerverkeer tot die minimum beperk was. Die “soilmix” en dol-bewerkings by Kanonkop het albei baie goeie resultate teenoor die onversteurde grond, i.t.v. bulkdigtheid, gelewer. Die neiging van die “soilmix” behandeling om bokant 60 cm 'n laer bulkdigtheid as die dol behandeling te hê, met 'n omgekeerde tendens onderkant 60 cm is 'n aanduiding dat die “soilmix” nie baie diep bewerk nie en die grond onderkant die bewerkingsdiepte effens verdig.

Skuifsterktes met die skroefbladmeter het soortgelyke tendense as die bulkdigtheidmetings gelewer wat aandui dat die invloed van bewerkingsaksies en herverdigting op albei parameters ooreenstem. Skuifsterkte metings van die verskillende dieptes van bewerking by Nietvoorbij het nie oral statisties betekenisvolle verskille opgelewer nie, maar die dieper

grondbewerkings het wel geneig na laer skuifsterktes (soos ook gevind met bulkdigthede) in die ondergrond. Skuifsterktes by Broodkraal was aansienlik hoër by onversteurde grond met die laagste skuifsterktes onder die nuwe (2010) bewerking. Herverdigting by die jaar oue (2009) bewerking het dus ook die skuifsterkte beïnvloed. Die groot verskil tussen die bewerkingsbehandelings en die onversteurde grond was veral duidelik in die dieper grondlae (75-105 cm) wat 'n goeie aanduiding is van die vermoë van die bewerkingsaksie om die grond los te maak. Die twee verskillende bewerkingspraktyke wat by Kanonkop met mekaar vergelyk is het albei goeie resultate, i.t.v. skuifsterkte, gelewer. Daar was geen betekenisvolle verskille tussen die twee behandelings nie, terwyl die onversteurde grond betekenisvolle hoër skuifsterktes gehad het. Skuifsterktes het toegeneem met 'n toename in gronddiepte hoofsaaklik weens die toename in klei-inhoud, wat aansluit by Gitau *et al.* (2006).

Grondsterktemetings (penetrometer) by Nietvoorbij het betekenisvolle laer grondsterktes by die 80, 100 en 120 cm bewerkings as die kontrole gelewer. Verder was grondsterktes van die kontrole by 0-60 cm dieptes betekenisvol hoër as die ander bewerkingsdieptes. By die vlakker grondbewerkings (40 en 60 cm) is dit duidelik dat grondsterkte, net soos by bulkdigtheid en skuifsterkte, toeneem onderkant die bewerkingsdiepte. Die resultate het oor die algemeen 'n positiewe liniêre verwantskap tussen bulkdigtheid, grondsterkte en skuifsterkte getoon, soos gevind deur verskeie ander studies ook (Gitau *et al.*, 2006; Yavuzean *et al.*, 2002; Benjamin & Cruse, 1987).

Die hoogste infiltrasie by Nietvoorbij is verkry met die operd-behandeling. Dit sluit aan by die bevindings van Myburgh *et al.* (1996) dat operd-behandelings vinniger dreineer. Die laagste infiltrasies het by die 40 cm en 60 cm bewerkings voorgekom, wat dan ook betekenisvol laer infiltrasies as die kontrole was, moontlik weens herverdigting en die ploeglaag wat infiltrasie belemmer. Dit sluit dan ook aan by vroeëre navorsing (Prieksat *et al.*, 1994; Green *et al.*, 2003) dat hoër infiltrasie tempos wat verkry word by geen-bewerking toegeskryf kan word aan die kontinuïteit van porieë asook 'n gevestigde makroporositeit, wat moontlik by die 40- en 60 cm bewerking ontbreek. Dieper bewerkings (100 en 120 cm) het beter resultate i.t.v. infiltrasie as die vlakker bewerkings en die kontrole gelewer wat daarop dui dat bewerking wel voordele inhou bo geen-bewerking indien dit dieper as 80 cm bewerk is. Die onversteurde grond by Broodkraal se infiltrasie was betekenisvol laer as die 2009 en 2010 bewerkingsbehandelings. Osunbitan *et al.* (2004) het aangedui dat infiltrasie afneem met tyd na bewerking. In die huidige studie het herverdigting oor die korttermyn nie so 'n groot uitwerking op infiltrasie gehad nie. Die twee verskillende bewerkingspraktyke by Kanonkop (dol en "soilmix") was ook albei suksesvol om infiltrasie te verbeter.

Hidrouliese geleiding met die minidisk infiltrometer by Nietvoorbij het variërende resultate gelewer met geen konstante verskille tussen behandelings nie. Dit is hoofsaaklik weens die feit dat hidrouliese geleiding by elke behandeling op verskillende dieptes bepaal is, en sodoende deur verskeie faktore beïnvloed kan word. Die voordelige effek van die dieper bewerkings (100 en 120 cm) was egter wel duidelik in die hoër geleidings wat dit in die dieper grondlae (60-90 cm) veroorsaak het. Betekenisvolle verskille was tussen die onversteurde grond en die twee bewerkingsbehandelings (dol en “soilmix”) by Kanonkop aangetref met geen verskil tussen die twee bewerkings nie. Die afwesigheid van ’n harde weerstandbiedende laag in die ondergrond (soos by die onversteurde grond) het hidrouliese geleiding in die ondergrond verbeter. Baumhardt & Jones (2005) het ook aangedui dat infiltrasie toegeneem het na die verwydering van ’n harde weerstandbiedende laag in die ondergrond.

Die wortelverspreiding van die wingerd was beperk tot die bewerkte grondvolume. Van Huyssteen (1989) het ook gevind dat die wortels beperk word tot die los grond bokant die bewerkte diepte. Die dieper grondbewerkings het beter resultate gelewer met die grootste wortelverspreiding by die 120 cm behandeling waar wingerdwortels tot dieptes van 130 cm gevind is. Daar is dus ’n positiewe verwantskap tussen wortelverspreiding en diepte van bewerking. Dit is ook duidelik dat die dikker wortels veral dieper voor kom met ’n toename in die bewerkingsdiepte. Dit beklemtoon die belangrikheid van ’n goeie voorplant grondbewerking vir die ontwikkeling van ’n wingerdstok, veral gedurende die eerste paar jaar na plant. Die twee bewerkingsbehandelings by Kanonkop (skeurploeg gevolg deur dolbewerking en skeurploeg gevolg deur “soilmix”) was albei suksesvol rakende die skepping van ’n gunstige grondvolume vir wortelontwikkeling. By albei bewerkings kom wortels voor by dieptes van 120 cm en het ’n digte wortelverspreiding met ’n goeie verspreiding van dik en fyn wortels gelewer.

Die verskillende metingsmetodes wat gebruik is om die grondfisiese eienskappe te ondersoek, het almal goeie resultate gelewer en suksesvol rakende die evaluering van die verskillende grondfisiese eienskappe. Die penetrometer het goeie resultate gelewer, is maklik om te gebruik en is minder tydrowend as bulkdigtheidsbepalings. Skuifsterktes met die handskroefbladmeter het ook goeie resultate gelewer en metings verg min tyd. Alhoewel wortelverspreidings met die profielwand metode baie tyd in beslag neem is dit ’n belangrike aspek wat nie uitgelaat kan word nie.

Weens die feit dat herverdigting van bewerkte gronde wel voor kom, tesame met die nadelige effek daarvan op die grondfisiese eienskappe, moet grondvoorbereiding moontlik weer toegepas word voordat nuwe aanplantings gemaak word. Dit is veral die vlakker grondbewerkings (< 60 cm) wat meer neig tot herverdigting en daarom word grondvoorbereidingsdieptes van ten minste 100 cm voorgestel. Dit steun die aanbevelings van Myburgh *et al.* (1996).

Die studie het hoofsaaklik gefokus op die fisiese grondeienskappe onder verskillende bewerkingsbehandelings. Weens die feit dat die grond se fisiese eienskappe beïnvloed word deur faktore soos die grondvorm, tipe implement gebruik en die tydsverloop van dat die bewerking toegepas is; is dit moeilik om al hierdie faktore volledig te ondersoek en in een studie te vervat. Verdere studies om op 'n spesifieke aspek te fokus, bv. 'n spesifieke grondvorm onder verskillende bewerkingsaksies of 'n spesifieke grondvorm met verskillende tye van bewerking, kan moontlik oorweeg word. Aangesien daar in hierdie studie slegs drie verskillende grondvorms ondersoek is, moet daar in die toekoms ook 'n groter verskeidenheid grondvorms ondersoek word.

## BRONNELYS

AGASSI, M., MORIN, J., & SHAINBERG, I., 1985. Effect of impact energy and water salinity on infiltration rate on sodic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 186-189.

ANKENY, M.D., KASPAR, T.C. & HORTON, R., 1990. Characterization of tillage and traffic effects on unconfined infiltration measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 837-840.

ARCHER, E., SWANEPOEL, J.J. & STRAUSS, H.C., 1988. Effect of spacing and trellising on grapevine root distribution. P. 74-87. In the grapevine root and its environment. Technical Communication No. 215, Dep. Agric. Water Supply, Pretoria, Rep. South Africa.

ARSHAD, M.A., & MERMUT, A.R., 1988. Micromorphological and physico-chemical characteristics of the soil crust types in northwestern Alberta, Canada. *Soil Sci Soc. Am J.* 52: 724-729.

ARSHAD, M.A., SCHNITZER, M., ANGERS, D.A. & RIPMEESTER, J.R., 1990. Effects of till vs no till on the quality of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 22: 595-599.

AYERS, R.S. & WESTCOTT, D.W., 1989. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No 29, Rev. 1. FAO, Rome.

AZOOZ, R.H. & ARSHAD, M.A., 1996. Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. *Can. J. Soil Sci.* 76: 143-152

BARLEY, K. P., 1963. Influence of soil strength on growth of roots. *Soil Sci.* 96, 175-180.

BARLEY, K. P. & GREACEN, E. L., 1967. Mechanical resistance as a soil factor influencing the growth of roots root and underground shoots. *Adv. Agron.* 19, 1-43.

BARRACLOUGH, P.B. & TINKER, P.B., 1981. The determination of ionic diffusion coefficients in field soil. I. Diffusion coefficients in sieved soils in relation to water content and bulk density. *J. Soil Sci.*, 32: 225-236.

BAR-YOSEF, B. & LAMBERT, J.R., 1981. Corn and cotton root growth in response to soil impedance and water potential. *Soil Sci. Am. J.* 45, 930-935.

BAUMGARTL, T.H. & HORN, R., 1991. Effect of aggregate stability on soil compaction. *Soil Tillage Res.*, 19: 203-213.

BAUMHARDT, R.L. & JONES, O.R., 2005. Long-term benefits of deep tillage on soil physical properties and crop yield. USDA-ARS Conservation and Production Research Laboratory, Bushland, TX.

BAVER, L.D., GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R., 1972. Soil Physics (4<sup>th</sup> ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York.

BENJAMIN, J.G. & CRUSE, R.M., 1987. Tillage effects on shear strength and bulk density of soil aggregates. *Soil & Tillage Res.*, 9: 255-263.

BHADORIA, P.B.S., KASELOWSKY, J., CLAASSEN, N. & JUNGK, A., 1991. Impedance factor for chloride diffusion in soil as affected by bulk density and water content. *Z. Pflanzenemaehr. Bodenkd.*, 154: 69-72.

BICKI, T.J. & SIEMENS, J.C., 1991. Crop response to wheel traffic soil compaction. *Trans ASAE* 1991. 34(3):909-913.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H., 1986. Bulk density. P363-375. In A. Klute (red). *Methods of soil analyses. Part 1.* American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, V.S.A.

BÖHM, W., 1979. *Methods of studying root systems.* Ecological studies, Vol. 33. Springer, Berlin.

BOONE, F.R. & KUIPERS, H., 1970. Remarks on soil structure in relation to zero-tillage. *Neth. J. Agric. Sci.* 18: 262-269.

BOUMA, J., BELMANS, C.F.M. & DEKKER, L.W., 1982. Water infiltration and redistribution in a silt loam subsoil with vertical worm channels. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 917-921.



BRADFORD, J.M., 1980. The penetration resistance in a soil with well-defined structural units. *Soil Sci Soc. Am. J.* 44, 601-606.

BRADFORD, J.M. & GUPTA, S.C., 1986. Soil compressibility. In A. Klute (ed.), *Methods of soil analysis. Part 1.* 2<sup>nd</sup> ed. Agronomy 9, 479-492. ASA, Madison, WI, USA.

CARTER, L.M. & COLWICK, R.F., 1971. Evaluation of tillage systems for cotton production systems. *Trans ASAE* 14: 116-1121.

CONRADIE, W.J., 1983. Liming and choice of rootstock as cultural techniques for vines in acid soils. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 4, 39-44.

CONRADIE, W.J., VAN ZYL, J.L., MYBURGH, P.A., 1996. Effect of soil preparation depth on nutrient leaching and nutrient uptake by young *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 17, 43-52.

DAVIDSON, D.T., 1965. Penetrometer measurements. In: C.A. Black (ed.), *Methods of soil analysis. Part I.* Agronomy 9: 472-484. *Am. Soc. of Agron.*, Madison, Wisconsin.

DAVIDSON, D., 1991. Soil management and its effect on root growth. *Australian New Zealand Wine In. J.* 6, 39-40.

Decagon devices. <http://www.decagon.com/products/lysimeters-and-infiltrimeters/mini-disk-tension-infiltrimeter/>. 26 Oktober 2010.

DEXTER, A.R. & HEWITT, J.S., 1978. The deflection of plant roots. *J. Agr. Eng. Res.* 23, 17-22.

DREES, L.R., KARATHANASIS, A.D., WILDING, L.B., & BLEVINS, R.L., 1994. Micromorphological characteristics of long-term no-tillage and conventionally tilled soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 508-517.

EAVIS, B.W. & PAYNE, D., 1970. Soil physical conditions and root growth. In: W.J. Wittington (ed.), *Root growth.* 315-338. Butterworths London.

EHLERS, W., 1975. Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soils. *Soil Sci.* 119: 242-249.

GABRIELS, D. & MOLDENHAUER, W.C., 1978. Size distribution of eroded material from simulated rainfall: Effect over a range of textures. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 954-958.

GEE, G.W. & BAUDER, J.W., 1986. Particle size analysis. In: A. Klute (ed). Methods of soil analysis, No. 9, Part 1. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 383-411.

GILL, W.R. & VAN DEN BERG, G.E., 1968. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agricultural Handbook No. 316, ARS, U.S.D.A., U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 20402.

GITAU, A.N., GUMBE, L.O. & BIAMAH, E.K., 2006. Influence of soil water on stress-strain behaviour of a compacting soil in semi-arid Kenya. *Soil & Tillage Res.* 89: 144-154.

GREACEN, E.L., BARLEY, K.P. & FARREL, D.A., 1969. The mechanics of root growth in soils with particular reference to the implication for root distribution. p. 256-269. In W.J. Whittington (ed.), Root growth. Butterworths, London, UK.

GREEN, T.R., AHUJA, L.R. & BENJAMIN, J.G., 2003. Advances and challenges in predicting agricultural management effects on soil hydraulic properties. *Geoderma* 116: 3-27.

Grondklassifikasie - 'n taksonomiese sisteem vir Suid-Afrika, 1991. Grondklassifikasiewerkgroep.

HEARD, J.R., KLADIVKO, E.J. & MANNERING, J.V., 1988. Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana. *Soil Till. Res.* 11: 1-18.

HILLEL, D., 1980. Fundamentals of soil physics. Academic press, New York, USA.

- KARUNATILAKE, U.P. & VAN ES, H.M., 2002. Rainfall and tillage effects on soil structure after alfalfa conversion to maize on a clay loam soil in New York. *Soil Till. Res.* 67: 135-146.
- LAL, R., MAHBOUBI, A.A. & FAUNSEY, N.R., 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 517-522
- MAAS, E.V., 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agric. Res.* 1(1), 20-21.
- MAAS, E.V., 1990. Crop salt tolerance—current assessment. *J. Irrig. Drain Div.* ASCE 103, 115-134.
- MAMMAN, E. & OHU, J.O., 1998. The effect of tractor traffic on air permeability and millet production in a sandy loam soil in Nigeria. *Life J. Technol.* 8 (1), 1-7.
- MAPA, R.B., GREEN, R.E. & SANTO, L., 1986. Temporal variability of soil hydraulic properties with wetting and drying subsequent to tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1133-1138.
- McCORMACK, D.E., 1987. Land evaluations that consider soil compaction. *Soil & Tillage Res.* 10, 21-27.
- McINTYRE, D.S., 1958. Permeability measurements of soil crusts formed by raindrop impact. *Soil Sci.* 58, 185-189.
- MEEK, B.D., DETAR, W.R., ROLPH, D., RECHEL, E.R. & CARTER, L.M., 1990. Infiltration rate as affected by an alfalfa and no-till cotton cropping system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 505-508.
- METHODS OF SOIL ANALYSIS, PART 2, 1982. Chemical and microbiological properties – Agronomy Monograph no. 9 (2<sup>nd</sup> edition), p. 168.
- MYBURGH, P.A., VAN ZYL, J.L., CONRADIE, W.J., 1996. Effect of soil depth on growth and water consumption of young *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 17, 53-62.

MYBURGH, P.A., MOOLMAN, J.H., 1991. The effect of ridging on the soil water status of a waterlogged vineyard soil. *S. Afr. J. Plant. Soil.* 8, 184-188.

OBI, M.E. & NNABUDE, P.C., 1988. The effect of different management practices on the physical properties of a sandy loam soil in southern Nigeria. *Soil & Tillage Res.* 12: 81-90.

OSUNBITAN, J.A., OYEDELE, D.J., ADEKALU, K.O., 2004. Tillage effects on bulk density, hydraulic conductivity and strength of a loamy sand soil in southwestern Nigeria. *Soil & Tillage Res.* 82: 57-64

PARISH, D. H., 1971. Effects of compaction on nutrient supply to plants. Chapter 6E. In: *Compaction of Agriculture soils. Amer. Soc. of Agric. Eng.* Organised by K. K. Barnes, W. M. Carleton, H. m. Taylor, R. I. Throckmorton & G. E. van den Berg. St. Joseph, Michigan.

PATEL, M.S. & SINGH, N.T., 1981. Changes in bulk density and water intake rate of a coarse textured soil in relation to different levels of compaction. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 29: 110-112.

PENKOV, M., NANCHEVA, R., HRISTOVA, D. & ETROPOLSKI, H., 1979. The effect of bulk density on the position of the grapevine root system (Bulgarian). *Pochvoznanie i Agrokhimiya* 14, 23-27. [Hort. Abst. 50 : 8891; 1980].

PIKUL, J.L., JR., ZUZEL, J.F. & RAMIG, R.E., 1990. Effect of tillage-induced macroporosity on water infiltration. *Soil Tillage Res.* 17: 153-165.

Pocket Vane Tester. <http://www.eijkelkamp.com/Products/Cataloguesection/tabid/76/CategoryID/17/List/1/Level/a/ProductID/63/Default.aspx>. 16 Oktober 2010.

PRIEKSAT, M.A., KASPAR, T.C. & ANKEY, M.D., 1994. Positional and temporal changes in ponding infiltration in a corn field. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 181-184.

REEVE, N.G., & SUMNER, M.E., 1970. Effects of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on Oxisols in Natal. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34, 263-267.

RICHARDS, D., 1983. The grape root system. *Hort. Reviews* 5, 127-168.

ROJAHN, W., 1973. Die Auswirkung von Tieflockern und Tiefpflügen auf physikalische Eigenschaften verschiedener Böden. Inaugural Dissertation Zur Erlangung des Doktorgrades. Justus Liebig Universität, Giessen.

ROTH, C.H., MEYER, B., FREDE, H.G. & DERPSCH, R., 1988. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Parana, Brazil. *Soil Tillage Res.* 11: 81-91.

RUSSEL, R.S., 1977. Plant Root Systems: Their Function and Interaction with the Soil. McGraw-Hill, London.

SAAYMAN, D., 1975. Grondvoorbereidingsmetodes vir wingerd. Wynkunde en Wingerdboureeks nr. D3/1975, NIWW, Privaatsak X5026, Stellenbosch, 7600.

SAAYMAN, D., 1981(a). Wingerdvoeding. Uit: Wingerdbou in Suid-Afrika, 343-383 (Eds: J. Burger and J. Deist). V.O.R.I., 7600 Stellenbosch.

SAAYMAN, D., 1981(b). Klimaat, grond en wingerdbougebiede. P. 48-66. In J. Burger & J. Deist (ed.), Wingerdbou in Suid-Afrika. V.O.R.I., Stellenbosch, Rep. South Africa.

SAAYMAN, D., 1982. Soil preparation studies: I. The effect of depth and method of soil preparation and of organic material on the performance of *Vitis vinifera* (var. Colombard) on Clovelly/Hutton soil. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 3, 61-74.

SAAYMAN, D. & VAN HUYSSTEEN, L., 1980. Soil preparation studies: I. The effect of depth and method of soil preparation and of organic material on the performance of *Vitis vinifera* (var. Chenin blanc) on Hutton/Sterkspruit soil. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 1, 107-121.

SAUER, T.J., CLOTHIER, B.E. & DANIEL, T.C., 1990. Surface measurements of the hydraulic character of tilled and untilled soil. *Soil Tillages Res.* 15: 359-369.

SAWIS [http://www.sawis.co.za/info/download/Wingerdstand\\_2010.pdf](http://www.sawis.co.za/info/download/Wingerdstand_2010.pdf) 23 November 2010.

SCHULTE-KARRING, H., 1976. Bodenschäden und massnahmen zu ihrer behebung. Aufgezeigt an beispielen aus dem Südafrikanischen weinbau. *Der Deutsche Weinbau* 31, 941-943.

SHAFIQ, M. HASSAN, A & AHMAD, S., 1994. Soil physical properties as influenced by induced compaction under laboratory and field conditions. *Soil Tillage Res.* 29, 13-22.

SINGH, B., CHANASYK, D.S., MCGILL, W.B. & NYBORG, M.P.K., 1994. Residue and tillage management effects on soil properties of a Typic Cryboroll under continuous barley. *Soil Tillage Res.* 32: 117-133.

TAYLOR, H.M., 1974. Root behavior as affected by soil structure and strength. p. 270-291. In E.W. Carson (ed.), *The plant root and its environment*. Univ. of Virginia Press, Charlottesville, Va, USA.

TAYLOR, H.M., 1976. The effect of soil compaction on rooting patterns and water uptake of cotton. 7<sup>th</sup> Congress of the ISTRO, 43.1-43.4, Uppsala, Sweden.

TAYLOR, H.M. & BURNETT, E., 1964. Influence of soil strength on the root growth habits of plants. *Soil Sci.* 97-98, 174-180.

TAYLOR, H.M. & GARDNER, H.R., 1963. Penetration of cotton seedling taproot as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. *Soil Sci.* 96, 153-156.

TAYLOR, H.M., ROBERTSON, G.M. & PARKER, J.J. (Jnr.), 1966. Soil strength-root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. *Soil Sci.* 102, 18-22.

TERBLANCHE, J.H. & VAN NIEKERK, P.E.LER., 1976. Grondvoorbereiding en bemesting by tafeldruiwe. Navorsingsinstituut vir vrugte en vrugtetegnologie, Stellenbosch. *Sagtevrugteboer*, Julie 1976.

The Non-affiliated Soil Analysis Work Committee, 1990. Soil Science Society of South Africa.

TISDALL, J.M. & ADEM, H.H., 1986. Effect of water content of soil at tillage on size-distribution of aggregates and infiltration. *Aust. J. Exp. Agric.* 26: 193-195.

VAN DER WATT, H.v.H., 1969. Influence of particle size distribution on soil compactibility. *Agrochemophysica* 1, 79-86.

VAN HUYSTEEN, L., 1977. 'n Vergelykende ondersoek na die effektiwiteit van verskillende konvensionele en minimum grondbewerkingspraktyke in die wingerdbou ten opsigte van grondvogbewaring en ander fisiese eienskappe. M.Sc. (Landbou)-thesis, Univ. Stellenbosch, Stellenbosch, Nov. 1977.

VAN HUYSTEEN, L., 1981. Bewerking. p. 283-307. In J. Burger & J. Deist (ed.), *Wingerdbou in Suid-Afrika*. V.O.R.I., Stellenbosch, S. Afr.

VAN HUYSTEEN, L., 1983. Interpretation and use of penetrometer data to describe soil compaction in vineyards. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 4, 59-65.

VAN HUYSTEEN, L., 1988. Soil preparation and grapevine root distribution – A qualitative assessment. In: VAN ZYL, J.L., (ed.). *The grapevine root and its environment*. Technical communication No. 215. Dept. Agric. & Water Supply, Pretoria, South Africa pp. 1 – 15.

VAN HUYSTEEN, L., 1989. Quantification of the compaction problem of selected vineyard soils and a critical assessment of methods to predict soil bulk density from soil texture. PhD. (Agriculture)-thesis, Univ. Stellenbosch, Stellenbosch, March 1989.

VAN HUYSTEEN, L. & SAAYMAN, D., 1980. A promising locally developed vineyard subsoiler. *Wynboer* 586, 56-59.

VAN HUYSTEEN, L. & WEBER, H.W., 1980. The effect of conventional and minimum tillage practices on some soil properties in a dryland vineyard. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 1, 34-45.

VAN ZYL, J.L. & VAN HUYSTEEN, L., 1984. Soil and water management for optimum grape yield and quality under conditions of limited or no irrigation. p. 25-66. In Proc. Fifth Industry Tech. Conf., 29 Nov.-1 Dec. 1983. Univ. Western Australia, Perth, Australia.

VEPRASKAS, M.J. & MILNER, G.S., 1986. Effects of subsoiling and mechanical impedance on tobacco root growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 423-427.

VinPro <http://www.vinpro.co.za/framework/GuideCost.asp?P=News&SP=GuideCost> 29 November 2010.

VOLSCHENK, J.E., 1973. Grondvoorbereiding en bemesting met verwysing na wyndruiwe. *Wynboer* 499, 15-19.

VOORHEES, W.B. & LINDSTROM, M.J., 1984. Long-term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic compaction. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 152-156.

WEBER, H.W., 1970(a). Grondverdigting, grondvoghuishouding en verwante probleme. *Sagtevrugteboer* 20, 132-139.

WEBER, H.W., 1970(b). Waterbesparing met oppervlakte besproeiing – Die grondfisiese basis van rasionale watertoediening. *Sagtevrugteboer* 20, 273-286.

WHITE, I., *et al.*, 1992. Measurement of Surface-Soil Hydraulic properties. *Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice*. Soil Science Society Of America Special Publication No.30. SSSA, Madison, Wisconsin

WHITELEY, G.M., HEWITT, J.S. & DEXTER, A.R., 1982. The buckling of plant roots. *Physiol. Plant.* 54, 333-342.

WIERSUM, L.K., 1957. The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. *Plant Soil* 9, 75-85.

YAVUZEAN, H.G., VATANDAS, M., GÜRHAN, R., 2002. Soil strength as affected by tillage system and wheel traffic in wheat-corn rotation in central Anatolia. *J. Terramechanics* 39: 23-34.

YOUNGS, E.G., 1987. Estimating hydraulic conductivity values from ring infiltrometer measurements. *Eur. J. Soil Sci.* 38 (4): 623-632.



ZHANG, R., 1997. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1024-1030

ZIMMERMAN, R.P. & KARDOS, L.T., 1961. Effect of bulk density on root growth. *Soil Sci.* 91-92, 280-288.

ZUZEL, J.F., PIKUL, J.L., Jr. & RASMUSSEN, P.E., 1990. Tillage and fertilizer effects on water infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 205-208.

## **Bylaag 1**

### **Langtermyn gemiddelde klimaatsdata**

Bylaag 1.1. Langtermyn gemiddelde klimaatsdata van die Nietvoorbij weerstasie.

Maand	Lug temperatuur (°C)		Relatiewe humiditeit ( %)		Reënval (mm)	PET (mm.dag <sup>-1</sup> )	Wind (km.dag <sup>-1</sup> )
	Maks.	Min.	Maks.	Min.			
Jan	27.7	15.2	89.6	39.5	22.0	8.6	220
Feb	28.2	15.4	88.7	38.3	20.1	7.9	217
Mrt	26.7	14.2	89.5	39.6	29.0	5.9	181
Apr	23.1	11.9	91.6	43.8	73.3	3.6	142
Mei	20.2	10.2	92.1	49.1	107.8	2.4	128
Jun	17.7	8.5	91.6	50.3	122.9	1.9	142
Jul	17.1	7.8	91.8	50.0	117.4	2.1	156
Aug	18.0	8.3	91.5	48.5	88.2	2.9	171
Sept	19.9	9.3	91.9	44.7	59.8	4.1	182
Okt	22.9	11.4	89.2	40.7	43.7	6.4	220
Nov	25.2	13.1	88.6	39.6	26.9	7.8	227
Des	26.6	14.6	89.9	40.0	24.5	8.5	220
Totaal					735.7	1884.0	
Gem.	22.8	11.7	90.5	43.7		5.2	184

Bylaag 1.2. Langtermyn gemiddelde klimaatsdata van die Broodkraal weerstasie.

Maand	Lug temperatuur (°C)		Relatiewe humiditeit ( %)		Reënval (mm)	PET (mm.dag <sup>-1</sup> )	Wind (km.dag <sup>-1</sup> )
	Maks.	Min.	Maks.	Min.			
Jan	34.5	17.2	77	27	3.0	13.1	259
Feb	33.6	17.7	70	26	9.3	12.4	245
Mrt	30.8	15.7	88	35	14.6	8.4	201
Apr	27.2	12.8	91	38	35.6	5.9	193
Mei	23.6	10.4	89	40	21.7	3.7	170
Jun	19.4	7.0	90	44	55.6	2	146
Jul	17.7	5.9	89	47	37.2	1.7	138
Aug	20.2	7.4	92	45	53.1	2.4	158
Sept	21.9	7.8	93	39	24.1	4.1	171
Okt	25.5	8.8	87	29	14.2	7.4	200
Nov	30.9	13.5	78	27	5.2	11.5	250
Des	32.5	15.3	73	25	0.9	12.8	268
Totaal					274.5	2587	
Gem.	26.5	11.6	85	35		7.1	200

Bylaag 1.3. Langtermyn gemiddelde klimaatsdata van die Elsenburg weerstasie naby  
 Kanonkop.

Maand	Lug temperatuur (°C)		Relatiewe humiditeit ( %)		Reënval (mm)	PET (mm.dag <sup>-1</sup> )	Wind (km.dag <sup>-1</sup> )
	Maks.	Min.	Maks.	Min.			
Jan	28.1	14.2	90.0	34.7	16.4	9.6	197
Feb	28.9	14.6	90.0	34.1	17.2	8.9	188
Mrt	27.4	13.5	90.3	35.5	21.8	6.6	164
Apr	23.8	11.5	91.7	40.3	57.0	4.2	148
Mei	20.3	9.6	92.5	47.2	83.7	2.6	152
Jun	17.7	8.3	91.8	51.5	106.0	1.9	169
Jul	16.8	7.2	92.3	52.2	99.7	2.0	174
Aug	17.5	7.4	92.9	49.7	84.7	2.6	173
Sept	19.0	8.3	93.7	46.8	55.0	3.6	170
Okt	21.9	9.7	92.3	40.5	38.8	5.7	172
Nov	24.7	11.7	89.9	36.1	19.5	8.0	187
Des	26.8	13.2	89.7	36.0	22.9	9.2	202
Totaal					622.7	64.9	
Gem.	22.7	10.8	91.4	42.0		5.4	175

## **Bylaag 2**

### **Profielbeskrywings**

Bylaag 2.1. Profielbeskrywing van onversteurde profiel by Nietvoorbij op 16/09/2009 beskryf.

Profielnommer:	Kontrole (onversteur)	Aspek:	Suid-Wes
Kaartnommer:	3318 DD	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S 33,54392 / O 18,52148	Hoogte:	120 m
Grondvorm:	Cartref	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Egolomi (1200)	Gewas:	Wyndruiwe
Terreineenheid:	Middelhang	Gewas ouderdom:	1986
Helling:	20 %	Onderliggende materiaal:	Verweerde graniet
Hellingsvorm:	Konveks		

Horison	Diepte (mm)	Kort besrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0 - 350	Droog: ligbruin-grys (10 YR 6/2); Klam: bruin tot donkerbruin (10 YR 4/3); Growwe sandfraksie; 15% geskatte klei; Swak-matige massiewe struktuur, Volop kwartsgruis (45%); Wortels algemeen; Geleidelike oorgang	Ortiese A
E	350-600	Droog: lig gruis (10 YR 7/2), Klam: donker grysbruin (10 YR 4/2); Swak-matige massiewe struktuur; Volop kwartsgruis (30%); Wortels algemeen; Wisselende duidelike oorgang met tonge van E in B	E-horison
B	> 600	Droog: geel (10 YR 7/8) met rooi (2.5 YR 5/8) vlekke; Klam: geelbruin (10 YR 5/8) met rooi (2.5 YR 4/8) vlekke; Growwe sandfraksie; Sandkleileem met 25 % geskatte klei; Sterk subhoekige blok struktuur; Volop kwartsgruis (20%); Saproliet	Litokutaniese B

Nota: Verteenwoordigend van profielgate 1-16 wat binne 'n radius van 30m van mekaar lê. By sommige profile kom effens meer vermenging voor as by ander en kom daar dus versteurde geleidelike oorgange voor, die A- en E-horison is dan moeilik onderskeibaar.

Bylaag 2.2. Profielbeskrywing van onversteurde profiel by Kanonkop op 20/04/2010 beskryf.

Profielnommer:	Kontrole (onversteur)	Aspek:	Noord
Kaartnommer:	3318 DD	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S 33,85932 / O 18,85685	Hoogte:	223 m
Grondvorm:	Tukulu	Oppervlak klipperigheid:	(20-30%)
Grondfamilie:	Scheepersrus (2120)	Gewas:	wyndruiwe
Terreineenheid:	Voethang	Gewas ouderdom:	2004
Helling:	8 %	Onderliggende materiaal:	Verweerde graniet
Hellingsvorm:	Konveks		

Horison	Diepte (mm)	Kort besrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0 - 150	Klam: bruin-donker bruin (7.5 YR 4/4); sandklei-leem; swak subhoekig/fyn blok; los; gebleikte A; geleidelike oorgang	Ortiese A
B <sub>1</sub>	150-300	Klam: donker bruin (7.5 YR 3/4); sandklei-leem met 15-20% geskatte klei; swak subhoekig blok; skerp oorgang	Neokutaniese B
B <sub>2</sub>	300-600	Klam: donker rooi-bruin (5 YR 3/4); Sterk subhoekige blokstruktuur, relieke plintiet; skerp oorgang	Neokutaniese B
C	> 600	Klam: geel-rooi (5 YR 4/6) met geelbruin (10 YR 5/6) vlekke; sandklei-leem swak medium blok, volop sagte sliksteen gruis	Ongespesifiseerde materiaal met tekens van natheid

Nota: Verteenwoordigend van die onversteurde grond.

Bylaag 2.3. Profielbeskrywing van Skeurploeg en dolbewerking by Kanonkop op 20/04/2010 beskryf.

Profielnommer:	Skeurploeg en Dol bewerking	Aspek:	Noord-Wes
Kaartnommer:	3318 DD	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S 33,85905 / O 18,85398	Hoogte:	215 m
Grondvorm:	Oakleaf	Oppervlak klipperigheid:	(20-30%)
Grondfamilie:	Rooihoogte (2220)	Gewas:	Wyndruiwe
Terreineenheid:	Voethang	Gewas ouderdom:	2004
Helling:	8 %	Onderliggende materiaal:	Verweerde graniet
Hellingsvorm:	Konveks		

Horison	Diepte (mm)	Kort besrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0 - 150	Klam: donker rooibruin (2.5 YR 3/4); Growwe sandfraksie; 15% geskatte klei; Swak-matige subhoekige/fyn blok struktuur; Versteurde geleidelike oorgang	Ortiese A (vermeng met B-horison)
B	150 - 1000	Klam: rooi bruin (2.5 YR 3/6); 20 % geskatte klei Swak-matige subhoekige/fyn blokstruktuur; Sones van gebleikte A is ingewerk in B; Relieke yster konkresies (25-30% weens bewerking); Wisselende duidelike oorgang	Neokutaniese B
C	> 1000 mm	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6); Vertikale kanale van relieke plintiet; nie genoeg tekens van natheid om geklassifiseer te word as 'n Tukulu	Ongespesifiseer

Nota: Verteenwoordigend van die Skeurploeg en dolbewerkings.



Bylaag 2.4. Profielbeskrywing van Skeurploeg en Soilmix by Kanonkop op 20/04/2010 beskryf.

Profielnommer:	Skeurploeg en Soilmix	Aspek:	Noord-Wes
Kaartnommer:	3318 DD	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S 33,85839 / O 18,85209	Hoogte:	209 m
Grondvorm:	Oakleaf	Oppervlak klipperigheid:	(20-30%)
Grondfamilie:	Rooihoogte (2220)	Gewas:	Wyndruiwe
Terreineenheid:	Voethang	Gewas ouderdom:	2004
Helling:	8 %	Onderliggende materiaal:	Verweerde graniet
Hellingsvorm:	Konveks		

Horison	Diepte (mm)	Kort besrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0 - 150	Klam: donker rooibruin (2.5 YR 3/4); Growwe sandfraksie; 15% geskatte klei; Swak-matige subhoekige/fyn blok struktuur; Wortels algemeen; Versteurde geleidelike oorgang	Ortiese A (vermeng met B-horison)
B	150 - 1000	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6); 20 % geskatte klei; Swak-matige subhoekige/fyn blokstruktuur; Relieke yster konkresies (25-30% weens bewerking); Wortels algemeen; Wisselende duidelike oorgang	Neokutaniese B
C	> 1000 mm	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6); Vertikale kanale van relieke plintiet; nie genoeg tekens van natheid om geklassifiseer te word as 'n Tukulu	Ongespesifiseer

Nota: Verteenwoordigend van die Skeurploeg en “Soilmix” bewerkings. Vermenging van die A en B-horison is meer drasties as by die skeurploeg en dolbewerking.

Bylaag 2.5. Profielbeskrywing van die onversteurde profiel by Broodkraal op 8/05/2010 beskryf.

Profielnommer:	Kontrole (onversteur)	Aspek:	Noord-Oos
Kaartnommer:	3218 DC	Waternvlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S 32,05539 / O 18,04023	Hoogte:	87 m
Grondvorm:	Oakleaf	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Rooihoogte (2220)	Gewas:	Geen
Terreineenheid:	Voethang	Onderliggende materiaal:	Vervoerde materiaal (pedisediment)
Helling:	3 %		
Hellingsvorm:	Reguit		

Horison	Diepte (mm)	Kort besrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0 - 300	Klam: bruin (7.5 YR 4/4); Growwe sandfraksie; Sandleem met 15% geskatte klei; Matige subhoekige/fyn blok struktuur, Volop kwartsgruis (30%); Wortels algemeen; Geleidelike oorgang	Ortiese A
B	300 - 900	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6); Growwe sandfraksie met 45% klei; Matige subhoekige blokstruktuur; Volop kwartsgruis (30%); Wortel algemeen; Wisselende duidelike oorgang	Neokutaniese B
C	> 900	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6) met geelbruin (10 YR 5/6) vlekke; Growwe sandleem met 18% klei; Volop kwartsgruis; Vervoerde pedisediment materiaal	Ongespesifiseer

Nota: Verteenwoordigend van die onversteurde grond.

Bylaag 2.6. Profielbeskrywing van die 2009 bewerkte profiel by Broodkraal op 8/05/2010 beskryf.

Profielnommer:	2009 Bewerking	Aspek:	Noord-Oos
Kaartnommer:	3218 DC	Watervlak:	Geen
Breedte- en Lengtegraad:	S 32,05721 / O 18,03947	Hoogte:	88 m
Grondvorm:	Oakleaf	Oppervlak klipperigheid:	Volop (40-60%)
Grondfamilie:	Rooihoogte (2220)	Gewas:	Tafeldruiwe
Terreineenheid:	Voethang	Gewas ouderdom:	2009
Helling:	3 %	Onderliggende materiaal:	Vervoerde materiaal (pedisediment)
Hellingsvorm:	Reguit		

Horison	Diepte (mm)	Kort besrywing	Diagnostiese horison/materiaal
A	0 - 150	Klam: donker rooibruin (2.5 YR 3/4); Growwe sandfraksie; 20% geskatte klei; Swak-matige subhoekige/fyn blok struktuur; Volop kwartsgruis (30%); Versteurde geleidelike oorgang	Ortiese A (vermeng met B-horison)
B	150 - 900	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6); Growwe klei met 45% klei; Swak-matige subhoekige/fyn blokstruktuur; Volop kwartsgruis (30%); Wisselende duidelike oorgang	Neokutaniese B
C	> 900	Klam: donker rooi (2.5 YR 3/6) met geelbruin (10 YR 5/6) vlekke; Growwe sandleem met 18% klei; Volop kwartsgruis; Vervoerde pedisediment materiaal	Ongespesifiseer

Nota: Verteenwoordigend van die 2009 en 2010 bewerkte persele wat binne 'n radius van 50m van mekaar lê. Die 2010 bewerking is 'n nuwe bewerking wat tydens klasifisering en insameling van data nog nie met wingerd beplant was nie.

## **Bylaag 3**

### **Deeltjegrootte-verspreiding**

Bylaag 3.1. Deeltjiegrootte-ontleding (<2mm fraksie) van 'n Cartref grond by Nietvoorbij.

Diepte (cm)	G-sand (0.5- 2.0mm) (%)	M-sand (0.25- 0.50mm) (%)	F-sand (0.10- 0.25mm) (%)	Baie F- sand (0.05- 0.10mm) (%)	G-slik (0.02- 0.05mm) (%)	F-slik (0.002- 0.020mm) (%)	Klei (<0.002m m) (%)	Tekstuur klas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand graad klas
<b>Kontrole</b>												
0 - 30 cm	29.35	8.93	7.88	7.34	10.98	10.60	24.63	sandkleileem	54.86	16.69	28.45	G-sand
30 - 60 cm	27.38	8.62	7.61	7.09	11.27	10.53	25.82	sandkleileem	54.00	17.00	28.99	G-sand
60 - 90 cm	25.97	8.18	7.22	6.73	11.41	9.65	28.13	sandkleileem	53.99	17.01	29.00	G-sand
90 - 120 cm	21.83	7.91	6.98	6.50	10.56	9.38	35.21	sandkleileem	50.51	18.30	31.19	G-sand
<b>Operd</b>												
0 - 30 cm	29.66	7.92	7.50	6.05	9.92	13.21	24.41	sandkleileem	58.01	15.49	26.50	G-sand
30 - 60 cm	28.81	8.19	7.92	6.43	9.71	11.88	25.12	sandkleileem	56.11	15.95	27.95	G-sand
60 - 90 cm	28.42	8.07	7.88	5.97	8.39	12.57	26.83	sandkleileem	56.46	16.03	27.51	G-sand
90 - 120 cm	25.52	7.52	7.18	5.75	7.64	10.39	33.67	sandkleileem	55.51	16.36	28.13	G-sand
<b>40 cm bewerk</b>												
0 - 30 cm	30.14	7.82	7.74	6.43	8.18	12.58	26.03	sandkleileem	57.82	15.00	27.18	G-sand
30 - 60 cm	30.25	8.07	6.91	5.89	10.62	11.45	25.87	sandkleileem	59.17	15.79	25.04	G-sand
60 - 90 cm	26.76	7.29	7.51	7.07	7.32	12.84	29.96	sandkleileem	55.03	14.99	29.98	G-sand
90 - 120 cm	25.47	6.93	7.21	6.57	8.68	9.53	34.29	sandkleileem	55.15	15.01	29.84	G-sand
<b>60 cm bewerk</b>												
0 - 30 cm	30.24	7.82	7.63	6.72	9.85	11.41	25.17	sandkleileem	57.70	14.92	27.38	G-sand
30 - 60 cm	29.93	8.64	7.2	6.92	10.06	9.97	25.09	sandkleileem	56.80	16.40	26.80	G-sand
60 - 90 cm	28.23	7.98	7.54	6.47	7.42	9.12	31.12	sandkleileem	56.21	15.89	27.90	G-sand
90 - 120 cm	23.88	7.54	7.31	5.56	9.46	8.10	36.8	sandkleileem	53.92	17.02	29.06	G-sand
<b>80 cm, besproei</b>												
0 - 30 cm	29.93	7.69	7.18	6.52	8.73	13.72	25.36	sandkleileem	58.32	14.98	26.70	G-sand
30 - 60 cm	31.26	8.13	6.88	5.70	9.09	10.88	26.68	sandkleileem	60.15	15.64	24.21	G-sand
60 - 90 cm	26.89	7.34	7.29	6.34	7.44	11.27	30.97	sandkleileem	56.18	15.34	28.48	G-sand
90 - 120 cm	**	**	**	**	**	**	**					

G-sand = Growwe sand

M-sand = Medium sand

F-sand = Fyn sand

F-slik = Fyn slik

G-slik = Grof slik

Bylaag 3.1 (Vervolg)

Diepte (cm)	G-sand (0.5- 2.0mm) (%)	M-sand (0.25- 0.50mm) (%)	F-sand (0.10- 0.25mm) (%)	Baie F- sand (0.05- 0.10mm) (%)	G-slik (0.02- 0.05mm) (%)	F-slik (0.002- 0.020mm) (%)	Klei (<0.002m m) (%)	Tekstuur klas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand graad klas
<b>80 cm bewerk</b>												
0 - 30 cm	28.99	7.94	7.97	5.90	11.66	10.43	24.89	sandkleileem	57.07	15.63	27.30	G-sand
30 - 60 cm	24.53	7.00	6.66	5.22	12.11	17.73	25.31	sandkleileem	56.51	16.13	27.37	G-sand
60 - 90 cm	23.79	7.22	6.89	6.01	9.40	16.25	28.65	sandkleileem	54.18	16.44	29.38	G-sand
90 - 120 cm	17.29	5.13	4.72	3.38	10.67	24.43	34.14	sandkleileem	56.65	16.81	26.54	G-sand
<b>100 cm bewerk</b>												
0 - 30 cm	31.37	8.35	8.09	6.61	9.39	10.80	23.51	sandkleileem	57.64	15.34	27.01	G-sand
30 - 60 cm	29.54	7.86	7.62	6.23	9.98	13.02	24.86	sandkleileem	57.64	15.34	27.02	G-sand
60 - 90 cm	25.31	8.13	7.21	7.96	10.38	12.94	26.39	sandkleileem	52.07	16.72	31.21	G-sand
90 - 120 cm	24.64	7.85	6.79	7.64	8.58	10.59	32.67	sandkleileem	52.51	16.73	30.75	G-sand
<b>120 cm bewerk</b>												
0 - 30 cm	27.71	8.72	7.70	7.19	12.10	11.86	23.47	sandkleileem	53.99	16.99	29.01	G-sand
30 - 60 cm	28.17	8.87	7.82	7.30	11.10	10.65	24.71	sandkleileem	54.01	17.01	28.99	G-sand
60 - 90 cm	25.82	8.13	7.17	6.70	11.05	9.82	29.16	sandkleileem	53.99	17.00	29.00	G-sand
90 - 120 cm	24.41	7.69	6.78	6.33	10.57	9.10	33.78	sandkleileem	53.99	17.01	29.00	G-sand

G-sand = Growwe sand

M-sand = Medium sand

F-sand = Fyn sand

F-slik = Fyn slik

G-slik = Grof slik

Bylaag 3.2. Deeltjiegrootte-ontleding (<2mm fraksie) van 'n Tukulu (onversteur) en Oakleaf grondvorm (dol en “soilmix”) by Kanonkop.

Diepte (cm)	G-sand (0.5- 2.0mm) (%)	M-sand (0.25- 0.50mm) (%)	F-sand (0.10- 0.25mm) (%)	Baie F- sand (0.05- 0.10mm) (%)	G-slik (0.02- 0.05mm) (%)	F-slik (0.002- 0.020mm) (%)	Klei (<0.002m m) (%)	Tekstuur klas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand graad klas
<b>Kontrole (onversteur)</b>												
0 - 30 cm	15.53	12.72	17.26	9.90	9.86	8.06	26.87	sandkleileem	28.03	22.96	49.02	G-sand
30 - 60 cm	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
60 - 90 cm	10.78	9.47	12.73	7.98	6.60	8.75	43.70	klei	26.32	23.12	50.56	G-sand
<b>Skeurploeg en Dol</b>												
0 - 30 cm	13.66	12.99	17.41	9.95	8.85	7.25	29.89	sandkleileem	25.29	24.05	50.66	G-sand
30 - 60 cm	13.04	12.45	16.99	10.59	7.47	6.63	32.89	sandkleileem	24.57	23.46	51.97	G-sand
60 - 90 cm	13.69	11.71	15.84	8.86	5.59	7.42	37.02	sandkleileem	27.33	23.37	49.30	G-sand
<b>Skeurploeg en “Soilmix”</b>												
0 - 30 cm	15.43	14.80	18.73	10.49	6.19	5.07	28.96	sandkleileem	25.95	24.89	49.15	G-sand
30 - 60 cm	14.90	15.19	18.88	9.98	6.31	5.60	29.15	sandkleileem	25.28	25.77	48.96	G-sand
60 - 90 cm	14.84	14.29	18.33	9.38	4.08	5.42	33.69	sandkleileem	26.11	25.14	48.75	G-sand

G-sand = Growwe sand

M-sand = Medium sand

F-sand = Fyn sand

F-slik = Fyn slik

G-slik = Grof slik

Bylaag 3.3. Deeltjiegrootte-ontleding (<2mm fraksie) van 'n Oakleaf grondvorm by Broodkraal.

Diepte (cm)	G-sand (0.5- 2.0mm) (%)	M-sand (0.25- 0.50mm) (%)	F-sand (0.10- 0.25mm) (%)	Baie F- sand (0.05- 0.10mm) (%)	G-slik (0.02- 0.05mm) (%)	F-slik (0.002- 0.020mm) (%)	Klei (<0.002m m) (%)	Tekstuur klas	G-sand	M-sand	F-sand	Sand graad klas
<b>Kontrole (onversteur)</b>												
0 - 30 cm	10.70	4.45	9.16	11.8	12.28	10.05	41.48	sandklei	29.63	12.32	58.04	G-sand
30 - 60 cm	8.43	3.02	5.85	8.77	13.71	12.16	48.05	klei	32.34	11.58	56.08	G-sand
60 - 90 cm	8.17	2.90	5.47	7.27	10.49	13.90	51.84	klei	34.31	12.18	53.51	G-sand
<b>Bewerkte grond</b>												
0 - 30 cm	8.64	4.40	6.97	7.87	15.74	12.87	42.91	klei	30.99	15.78	53.23	G-sand
30 - 60 cm	8.64	4.50	6.63	7.56	13.48	11.96	47.25	klei	31.61	16.47	51.92	G-sand
60 - 90 cm	8.09	4.64	6.77	8.23	10.89	14.43	47.02	klei	29.17	16.73	54.09	G-sand

G-sand = Growwe sand

M-sand = Medium sand

F-sand = Fyn sand

F-slik = Fyn slik

G-slik = Grof slik



## **Bylaag 4**

### **Bulkdigthede**

Bylaag 4.1. Gemiddelde bulkdigtheid ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) vir elke profielgat by Nietvoorbij bepaal.

Behandeling	Profielgat	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm	60-75 cm	75-90 cm	90-105 cm	105-120cm
Kontrole	1	1.8631	1.8806	1.8435	1.8541	1.7764	1.7782	1.8280	1.8168
	2	1.8503	1.8576	1.8661	1.8179	1.7950	1.7956	1.7842	1.7810
Operd	3	1.8429	1.8419	1.8215	1.8037	1.7735	1.7896	1.8309	1.8277
	4	1.8789	1.8607	1.8371	1.8235	1.7913	1.7986	1.8283	1.8481
40 cm	5	1.8244	1.7485	1.7718	1.7950	1.8406	1.8545	1.8224	1.8186
	6	1.8024	1.7889	1.7344	1.7638	1.8678	1.8679	1.8646	1.8366
60 cm	7	1.8176	1.7328	1.7214	1.7131	1.8249	1.8645	1.8677	1.8203
	8	1.8318	1.7068	1.7436	1.7839	1.8065	1.8821	1.8395	1.8613
80 cm	9	1.7146	1.7428	1.7743	1.7617	1.7620	1.7518	1.7628	1.7807
	10	1.7324	1.7864	1.8131	1.8077	1.7462	1.7370	1.8042	1.8085
80 cm. besproei	11	1.8325	1.8376	1.8427	1.8235	1.8311	1.7719		
	12	1.8569	1.8168	1.8137	1.8623	1.7801	1.7531		
100 cm	13	1.7608	1.8026	1.8162	1.8229	1.7584	1.7308	1.7219	1.7970
	14	1.8054	1.8226	1.7804	1.7883	1.7472	1.7462	1.7029	1.7768
120 cm	15	1.7708	1.8230	1.8415	1.8163	1.7439	1.7407	1.6775	1.6621
	16	1.7622	1.8024	1.8205	1.7867	1.7709	1.7599	1.6825	1.6885

Bylaag 4.2. Gemiddelde bulkdigtheid ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) vir elke profielgat by Broodkraal bepaal.

Behandeling	Profielgat	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm	60-75 cm	75-90 cm	90-105 cm	105-120cm
Kontrole	1	1.7721	1.7012	1.6764	1.7108	1.7162	1.7939	1.8658	1.9236
	2	1.7937	1.6794	1.7018	1.7250	1.7046	1.8107	1.8966	1.9162
2010 bewerking	3	1.4621	1.4602	1.4013	1.4617	1.5307	1.4833	1.5216	1.5624
	4	1.4391	1.4882	1.4449	1.4899	1.5205	1.4571	1.5348	1.5796
2009 bewerking	5	1.5690	1.5681	1.6024	1.6182	1.6154	1.6519	1.7738	1.7814
	6	1.5088	1.5455	1.5726	1.6076	1.5762	1.6177	1.7516	1.7506

Bylaag 4.3. Gemiddelde bulkdigtheid ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) vir elke profielgat by Kanonkop bepaal.

Behandeling	Profielgat	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm	60-75 cm	75-90 cm	90-105 cm
Kontrole	1	1.7888	1.8041	2.0641	2.0216	1.8917	1.7564	1.7387
	2	1.7438	1.7509	2.0401	1.9894	1.8761	1.7322	1.7435
skeurploeg en dol	3	1.5744	1.5653	1.5876	1.5848	1.5021	1.4543	2.0650
	4	1.5826	1.5837	1.6072	1.5958	1.4817	1.4611	2.0492
skeurploeg en soilmix	5	1.5726	1.5412	1.5801	1.5827	1.5321	1.4643	2.0852
	6	1.5662	1.5520	1.5719	1.6021	1.5615	1.4759	2.1190

## **Bylaag 5**

### **Skuifsterkte**

Bylaag 5.1. Gemiddelde skuifsterkte (kPa) met die hand-skroefbladmeter by Nietvoorbij bepaal.

Behandeling	Profielgat	0-15cm	15-30cm	30-45cm	45-60cm	60-75cm	75-90cm	90-105cm	105-120cm
Kontrole	1	35.54	37.15	40.46	51.41	59.06	64.01	65.62	68.34
	2	34.46	35.03	38.28	49.21	54.68	62.85	67.80	73.82
operd	3	33.90	38.28	41.01	43.74	52.50	54.13	65.62	68.34
	4	36.10	40.46	46.47	49.22	54.68	57.41	71.08	73.82
40 cm	5	30.07	38.28	53.59	58.51	57.41	65.62	67.36	68.35
	6	35.55	40.46	49.21	57.41	59.61	61.24	63.88	71.63
60 cm	7	31.71	38.28	43.74	44.29	49.21	54.68	61.24	66.62
	8	28.43	36.08	38.28	41.01	47.03	56.86	65.62	70.08
80 cm	9	35.54	38.28	41.01	43.74	46.48	51.95	65.62	66.72
	10	30.08	36.08	39.91	41.56	47.56	57.41	67.80	68.88
80 cm, besproei	11	30.61	35.01	36.28	38.28	47.03	57.41	65.62	67.80
	12	29.53	36.07	39.18	40.46	49.21	54.13	67.80	74.36
100 cm	13	28.43	35.00	43.74	42.91	47.02	56.87	62.34	63.44
	14	26.25	30.62	38.28	41.29	51.40	52.49	57.96	59.04
120 cm	15	30.07	31.84	33.90	38.18	43.01	46.47	57.95	58.88
	16	31.17	33.78	38.28	42.74	46.67	51.95	60.15	61.42

Bylaag 5.2. Gemiddelde skuifsterkte (kPa) met die hand-skroefbladmeter by Broodkraal bepaal.

Behandeling	Profielgat	0-15cm	15-30cm	30-45cm	45-60cm	60-75cm	75-90cm	90-105cm
Kontrole	1	36.75	43.74	45.93	52.05	60.15	65.62	
	2	39.81	45.28	46.59	49.21	56.43	67.36	
2010 bewerking	3	24.06	26.69	38.03	40.46	43.74	53.68	58.41
	4	24.72	29.53	34.81	38.28	40.90	50.64	60.35
2009 bewerking	5	37.19	40.56	43.74	45.93	51.40	54.68	61.24
	6	32.81	37.52	40.46	43.75	53.14	57.96	63.44

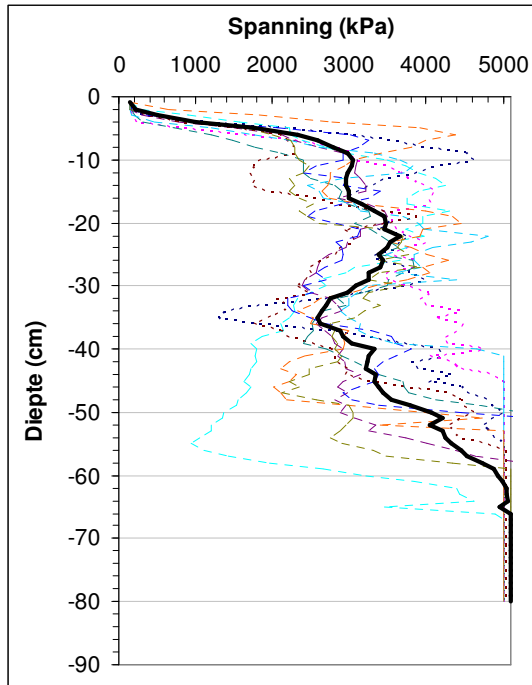
Bylaag 5.3. Gemiddelde skuifsterkte (kPa) met die hand-skroefbladmeter by Kanonkop bepaal.

Behandeling	Profielgat	0-15cm	15-30cm	30-45cm	45-60cm	60-75cm	75-90cm
Kontrole	1	33.90	49.21			57.53	59.06
	2	36.74	47.03			59.05	61.24
skeurploeg en dol	3	30.18	34.13	38.28	43.74	49.21	49.46
	4	27.34	32.15	34.56	38.28	47.03	47.44
skeurploeg en soilmix	5	30.19	33.81	38.28	43.99	48.12	50.96
	6	32.81	37.27	41.12	46.35	51.40	54.68

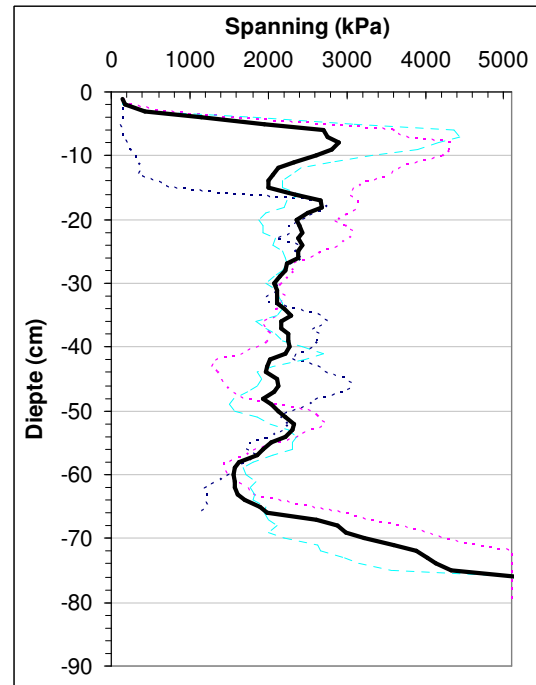
## **Bylaag 6**

### **Grondsterkte**

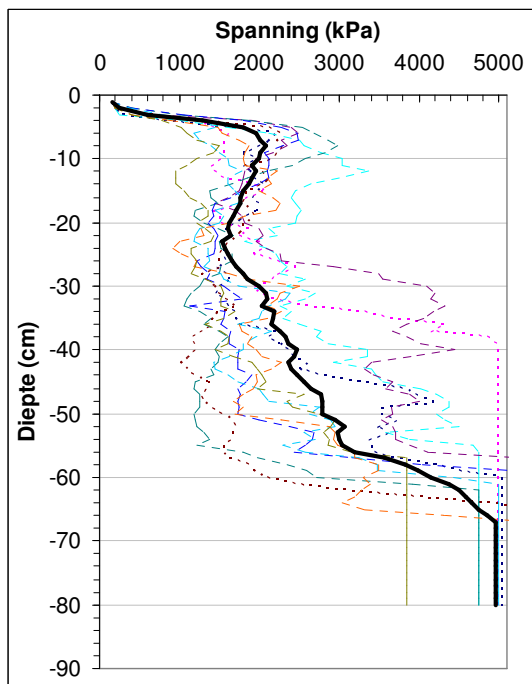
Bylaag 6. Penetrometerweerstand van verskillende bewerkingsbehandelings by Nietvoorbij bepaal (swart lyn dui gemiddelde aan).



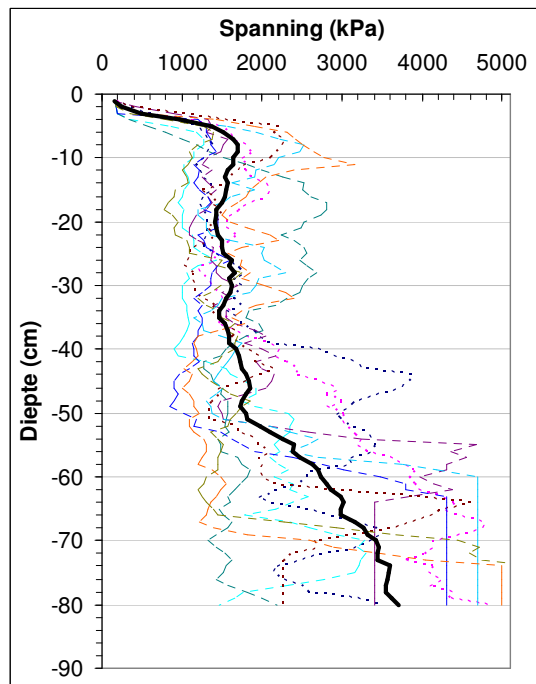
Penetrometerweerstand van kontrole by Nietvoorbij bepaal.



Penetrometerweerstand van opred-behandeling by Nietvoorbij bepaal.



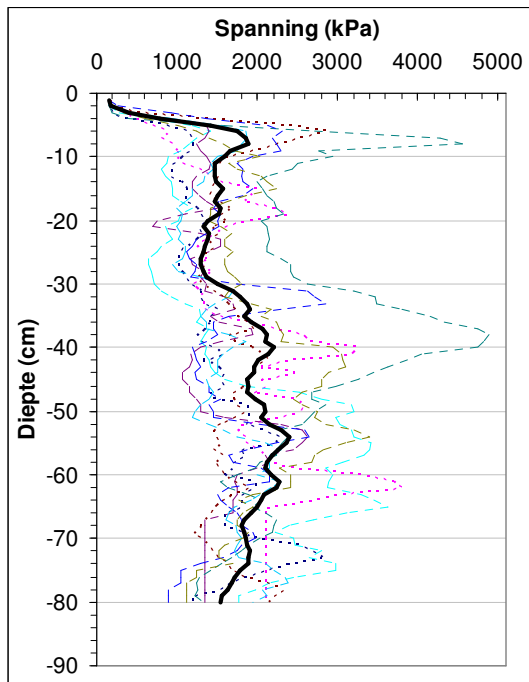
Penetrometerweerstand van 40cm bewerking by Nietvoorbij bepaal.



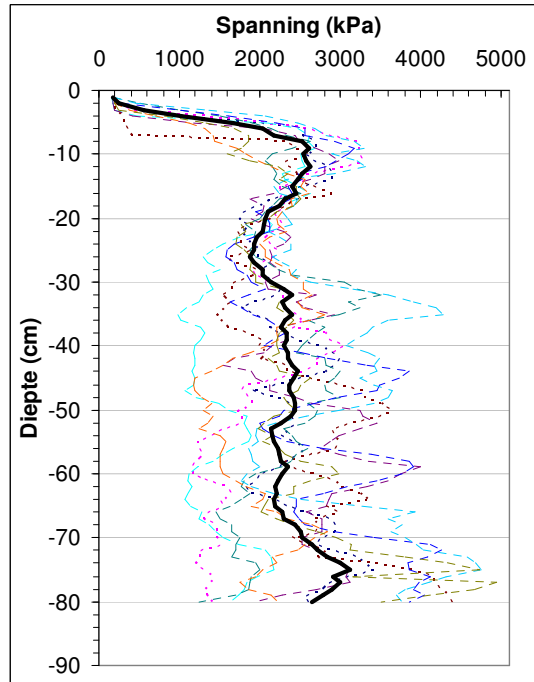
Penetrometerweerstand van 60cm bewerking by Nietvoorbij bepaal.



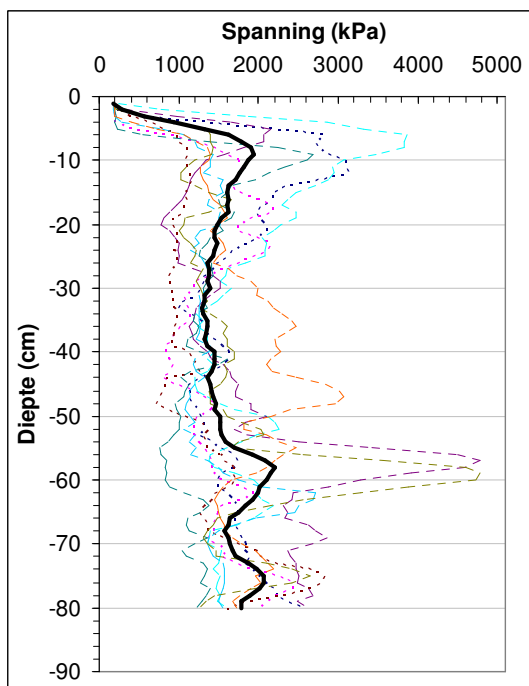
Bylaag 6. (Vervolg)



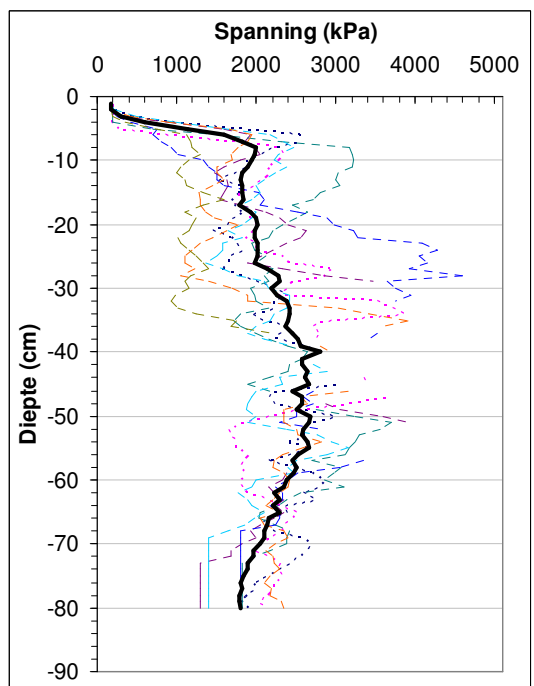
Penetrometerweerstand van 80cm bewerking by Nietvoorbij bepaal.



Penetrometerweerstand van 80cm met besproeiing by Nietvoorbij bepaal.



Penetrometerweerstand van 100cm bewerking by Nietvoorbij bepaal.



Penetrometerweerstand van 120cm bewerking by Nietvoorbij bepaal.

## **Bylaag 7**

### **Infiltrasie met dubbelring infiltrometer**

Bylaag 7.1. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer van bewerkingsbehandelings by Nietvoorbij.

Behan- deling	Kontrole		Operd		40 cm		60 cm	
Profielgat	1	2	3	4	5	6	7	8
Tyd (min)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	0.50	0.50	0.31	0.27	0.13	0.15	0.15	0.18
1.0	1.50	2.00	0.64	0.54	0.28	0.30	0.29	0.35
1.5	3.00	5.00	0.98	0.85	0.45	0.46	0.43	0.52
2.0	5.00	10.00	1.29	1.14	0.62	0.62	0.55	0.67
2.5	7.50	17.50	1.55	1.40	0.78	0.77	0.69	0.82
3.0	10.50	28.00	1.81	1.64	0.93	0.92	0.83	0.95
3.5	14.00	42.00	2.08	1.89	1.08	1.07	0.98	1.07
4.0	18.00	60.00	2.35	2.15	1.22	1.22	1.11	1.19
4.5	22.50	82.50	2.61	2.41	1.35	1.36	1.24	1.31
5.0	27.50	110.00	2.85	2.67	1.48	1.49	1.37	1.42
5.5	33.00	143.00	3.09	2.92	1.60	1.61	1.50	1.52
6.0	39.00	182.00	3.32	3.18	1.71	1.73	1.64	1.63
6.5	45.50	227.50	3.55	3.44	1.82	1.84	1.78	1.75
7.0	52.50	280.00	3.79	3.69	1.91	1.95	1.93	1.87
7.5	60.00	340.00	4.02	3.94	2.00	2.06	2.08	1.98
8.0	68.00	408.00	4.24	4.19	2.09	2.17	2.21	2.09
8.5	76.50	484.50	4.44	4.42	2.17	2.28	2.34	2.19
9.0	85.50	570.00	4.62	4.63	2.26	2.38	2.47	2.30
9.5	95.00	665.00	4.79	4.82	2.35	2.49	2.59	2.41
10.0	105.00	770.00	4.93	5.02	2.44	2.60	2.71	2.52
10.5	115.50	885.50	5.07	5.22	2.53	2.70	2.84	2.62
11.0	126.50	1012.00	5.23	5.42	2.62	2.80	2.97	2.72
11.5	138.00	1150.00	5.41	5.60	2.72	2.89	3.09	2.83
12.0	150.00	1300.00	5.60	5.78	2.82	2.98	3.20	2.95
12.5	162.50	1462.50	5.78	5.96	2.92	3.06	3.30	3.07
13.0	175.50	1638.00	5.95	6.13	3.02	3.14	3.40	3.18
13.5	189.00	1827.00	6.11	6.32	3.11	3.21	3.50	3.27
14.0	203.00	2030.00	6.28	6.52	3.20	3.27	3.58	3.37
14.5	217.50	2247.50	6.44	6.72	3.28	3.34	3.64	3.47
15.0	232.50	2480.00	6.60	6.91	3.35	3.42	3.70	3.57
15.5	248.00	2728.00	6.78	7.09	3.42	3.50	3.75	3.68
16.0	264.00	2992.00	6.97	7.26	3.48	3.57	3.82	3.78
16.5	280.50	3272.50	7.17	7.42	3.55	3.64	3.91	3.87
17.0	297.50	3570.00	7.37	7.58	3.62	3.71	4.00	3.95
17.5	315.00	3885.00	7.54	7.75	3.68	3.78	4.10	4.03
18.0	333.00	4218.00	7.70	7.92	3.75	3.86	4.21	4.12
18.5	351.50	4569.50	7.85	8.10	3.82	3.94	4.31	4.22
19.0	370.50	4940.00	8.00	8.28	3.88	4.02	4.41	4.31
19.5	390.00	5330.00	8.14	8.46	3.95	4.10	4.50	4.39
20.0	410.00	5740.00	8.29	8.64	4.02	4.18	4.58	4.48
20.5	430.50	6170.50	8.44	8.82	4.08	4.26	4.67	4.56

Bylaag 7.1. (Vervolg)

Behan- deling	Kontrole		Operd		40 cm		60 cm	
Profiel- gat	1	2	3	4	5	6	7	8
Tyd (min)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	0.50	0.50	0.31	0.27	0.13	0.15	0.15	0.18
1.0	1.50	2.00	0.64	0.54	0.28	0.30	0.29	0.35
1.5	3.00	5.00	0.98	0.85	0.45	0.46	0.43	0.52
2.0	5.00	10.00	1.29	1.14	0.62	0.62	0.55	0.67
2.5	7.50	17.50	1.55	1.40	0.78	0.77	0.69	0.82
3.0	10.50	28.00	1.81	1.64	0.93	0.92	0.83	0.95
3.5	14.00	42.00	2.08	1.89	1.08	1.07	0.98	1.07
4.0	18.00	60.00	2.35	2.15	1.22	1.22	1.11	1.19
4.5	22.50	82.50	2.61	2.41	1.35	1.36	1.24	1.31
5.0	27.50	110.00	2.85	2.67	1.48	1.49	1.37	1.42
5.5	33.00	143.00	3.09	2.92	1.60	1.61	1.50	1.52
6.0	39.00	182.00	3.32	3.18	1.71	1.73	1.64	1.63
6.5	45.50	227.50	3.55	3.44	1.82	1.84	1.78	1.75
7.0	52.50	280.00	3.79	3.69	1.91	1.95	1.93	1.87
7.5	60.00	340.00	4.02	3.94	2.00	2.06	2.08	1.98
8.0	68.00	408.00	4.24	4.19	2.09	2.17	2.21	2.09
8.5	76.50	484.50	4.44	4.42	2.17	2.28	2.34	2.19
9.0	85.50	570.00	4.62	4.63	2.26	2.38	2.47	2.30
9.5	95.00	665.00	4.79	4.82	2.35	2.49	2.59	2.41
10.0	105.00	770.00	4.93	5.02	2.44	2.60	2.71	2.52
10.5	115.50	885.50	5.07	5.22	2.53	2.70	2.84	2.62
11.0	126.50	1012.00	5.23	5.42	2.62	2.80	2.97	2.72
11.5	138.00	1150.00	5.41	5.60	2.72	2.89	3.09	2.83
12.0	150.00	1300.00	5.60	5.78	2.82	2.98	3.20	2.95
12.5	162.50	1462.50	5.78	5.96	2.92	3.06	3.30	3.07
13.0	175.50	1638.00	5.95	6.13	3.02	3.14	3.40	3.18
13.5	189.00	1827.00	6.11	6.32	3.11	3.21	3.50	3.27
14.0	203.00	2030.00	6.28	6.52	3.20	3.27	3.58	3.37
14.5	217.50	2247.50	6.44	6.72	3.28	3.34	3.64	3.47
15.0	232.50	2480.00	6.60	6.91	3.35	3.42	3.70	3.57
15.5	248.00	2728.00	6.78	7.09	3.42	3.50	3.75	3.68
16.0	264.00	2992.00	6.97	7.26	3.48	3.57	3.82	3.78
16.5	280.50	3272.50	7.17	7.42	3.55	3.64	3.91	3.87
17.0	297.50	3570.00	7.37	7.58	3.62	3.71	4.00	3.95
17.5	315.00	3885.00	7.54	7.75	3.68	3.78	4.10	4.03
18.0	333.00	4218.00	7.70	7.92	3.75	3.86	4.21	4.12
18.5	351.50	4569.50	7.85	8.10	3.82	3.94	4.31	4.22
19.0	370.50	4940.00	8.00	8.28	3.88	4.02	4.41	4.31
19.5	390.00	5330.00	8.14	8.46	3.95	4.10	4.50	4.39
20.0	410.00	5740.00	8.29	8.64	4.02	4.18	4.58	4.48
20.5	430.50	6170.50	8.44	8.82	4.08	4.26	4.67	4.56

Bylaag 7.2. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer van bewerkingsbehandelings by Broodkraal.

Behan- deling	80 cm		80 cm, besproei		100 cm		120 cm	
Profiel- gat	9	10	11	12	13	14	15	16
Tyd (min)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	0.21	0.23	0.19	0.19	0.24	0.26	0.32	0.33
1.0	0.41	0.46	0.39	0.38	0.48	0.50	0.63	0.66
1.5	0.61	0.68	0.62	0.60	0.74	0.73	0.93	1.00
2.0	0.78	0.87	0.84	0.80	1.03	0.93	1.18	1.32
2.5	0.95	1.06	1.06	0.99	1.30	1.12	1.41	1.62
3.0	1.14	1.24	1.26	1.15	1.53	1.32	1.64	1.90
3.5	1.32	1.41	1.45	1.29	1.73	1.51	1.88	2.16
4.0	1.50	1.57	1.63	1.43	1.91	1.68	2.11	2.39
4.5	1.67	1.72	1.79	1.56	2.08	1.85	2.34	2.60
5.0	1.84	1.87	1.95	1.69	2.24	2.02	2.55	2.79
5.5	2.00	2.02	2.09	1.82	2.41	2.19	2.77	2.97
6.0	2.15	2.17	2.23	1.94	2.60	2.37	2.98	3.13
6.5	2.30	2.32	2.36	2.06	2.80	2.55	3.20	3.29
7.0	2.42	2.46	2.50	2.19	3.02	2.74	3.41	3.44
7.5	2.54	2.60	2.64	2.31	3.24	2.91	3.62	3.60
8.0	2.65	2.73	2.79	2.43	3.47	3.08	3.82	3.75
8.5	2.77	2.86	2.94	2.55	3.69	3.24	4.02	3.90
9.0	2.90	3.00	3.08	2.67	3.89	3.40	4.20	4.06
9.5	3.04	3.15	3.21	2.79	4.08	3.58	4.35	4.21
10.0	3.18	3.29	3.32	2.90	4.24	3.75	4.49	4.36
10.5	3.34	3.44	3.44	3.03	4.41	3.94	4.63	4.50
11.0	3.50	3.57	3.55	3.16	4.57	4.11	4.79	4.66
11.5	3.65	3.69	3.68	3.30	4.73	4.28	4.95	4.81
12.0	3.80	3.79	3.81	3.43	4.88	4.44	5.10	4.96
12.5	3.92	3.91	3.93	3.55	5.04	4.60	5.24	5.10
13.0	4.03	4.02	4.04	3.67	5.21	4.77	5.37	5.26
13.5	4.14	4.15	4.15	3.79	5.36	4.93	5.48	5.41
14.0	4.27	4.28	4.26	3.90	5.50	5.09	5.60	5.56
14.5	4.40	4.40	4.36	4.01	5.65	5.25	5.72	5.70
15.0	4.54	4.51	4.46	4.12	5.81	5.42	5.84	5.86
15.5	4.67	4.63	4.56	4.24	5.98	5.61	5.96	6.01
16.0	4.78	4.75	4.66	4.35	6.14	5.79	6.09	6.16
16.5	4.91	4.86	4.76	4.47	6.30	5.98	6.22	6.30
17.0	5.04	4.97	4.86	4.59	6.45	6.17	6.35	6.45
17.5	5.17	5.08	4.96	4.70	6.60	6.34	6.48	6.60
18.0	5.30	5.19	5.06	4.81	6.75	6.51	6.62	6.74
18.5	5.44	5.30	5.16	4.92	6.90	6.67	6.75	6.89
19.0	5.57	5.41	5.26	5.03	7.05	6.82	6.87	7.03
19.5	5.69	5.52	5.36	5.14	7.20	6.97	7.00	7.17
20.0	5.80	5.63	5.46	5.25	7.35	7.12	7.12	7.31
20.5	5.91	5.74	5.56	5.35	7.50	7.28	7.24	7.43

Bylaag 7.3. Infiltrasie met dubbelring infiltrometer van bewerkingsbehandelings by Kanonkop.

Behan- deling	Kontrole		dol bewerking		"soilmix" bewerking	
Profiel-gat	1	2	3	4	5	6
Tyd (min)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)	Kum Infiltr (cm)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5	0.50	0.50	0.57	0.69	0.62	0.63
1.0	1.50	2.00	1.18	1.40	1.29	1.29
1.5	3.00	5.00	1.92	2.17	2.01	2.00
2.0	5.00	10.00	2.61	2.85	2.65	2.66
2.5	7.50	17.50	3.34	3.48	3.27	3.31
3.0	10.50	28.00	4.00	4.08	3.87	3.94
3.5	14.00	42.00	4.67	4.70	4.48	4.59
4.0	18.00	60.00	5.30	5.36	5.10	5.25
4.5	22.50	82.50	5.92	6.05	5.73	5.93
5.0	27.50	110.00	6.54	6.74	6.37	6.61
5.5	33.00	143.00	7.15	7.40	7.00	7.27
6.0	39.00	182.00	7.79	8.07	7.61	7.92
6.5	45.50	227.50	8.39	8.71	8.22	8.56
7.0	52.50	280.00	9.01	9.36	8.83	9.22
7.5	60.00	340.00	9.57	9.97	9.48	9.91
8.0	68.00	408.00	10.14	10.58	10.09	10.58
8.5	76.50	484.50	10.68	11.14	10.69	11.24
9.0	85.50	570.00	11.26	11.69	11.27	11.85
9.5	95.00	665.00	11.83	12.23	11.87	12.45
10.0	105.00	770.00	12.38	12.80	12.45	13.08
10.5	115.50	885.50	12.93	13.40	13.02	13.77
11.0	126.50	1012.00	13.47	13.99	13.67	14.47
11.5	138.00	1150.00	14.03	14.56	14.44	15.18
12.0	150.00	1300.00	14.58	15.10	15.27	15.91
12.5	162.50	1462.50	15.17	15.68	16.04	16.65
13.0	175.50	1638.00	15.77	16.27	16.71	17.34
13.5	189.00	1827.00	16.40	16.90	17.40	17.97
14.0	203.00	2030.00	17.02	17.52	18.14	18.53
14.5	217.50	2247.50	17.67	18.17	18.89	19.09
15.0	232.50	2480.00	18.35	18.83	19.60	19.70
15.5	248.00	2728.00	19.01	19.53	20.27	20.40
16.0	264.00	2992.00	19.69	20.20	20.96	21.26

## **Bylaag 8**

### **Hidrouliese geleiding**

Bylaag 8.1 Hidrouliese geleiding ( $\text{cm.s}^{-1}$ ) van bewerkingsbehandelings by Nietvoorbij.

Behan- deling	Profielgat	0-15cm	15-30cm	30-45cm	45-60cm	60-75cm	75-90cm	90-105cm
Kontrole	1	0.00052	0.00082	0.00055	0.00058	0.00024	0.00018	0.00027
	2	0.00048	0.00106	0.00073	0.00076	0.00030	0.00024	0.00024
Operd	3	0.00085	0.00082	0.00100	0.00079	0.00088	0.00030	0.00030
	4	0.00103	0.00085	0.00085	0.00073	0.00109	0.00033	0.00021
40 cm	5	0.00048	0.00091	0.00048	0.00055	0.00027	0.00024	0.00018
	6	0.00048	0.00100	0.00042	0.00048	0.00039	0.00027	0.00027
60 cm	7	0.00058	0.00085	0.00073	0.00079	0.00055	0.00036	0.00015
	8	0.00082	0.00094	0.00103	0.00070	0.00052	0.00033	0.00030
80 cm	9	0.00042	0.00103	0.00055	0.00079	0.00073	0.00039	0.00015
	10	0.00030	0.00115	0.00085	0.00094	0.00058	0.00033	0.00033
80 cm, besproei	11	0.00048	0.00097	0.00045	0.00076	0.00058	0.00036	0.00000
	12	0.00079	0.00064	0.00061	0.00094	0.00064	0.00030	0.00000
100 cm	13	0.00079	0.00097	0.00070	0.00088	0.00076	0.00055	0.00036
	14	0.00073	0.00100	0.00079	0.00106	0.00067	0.00052	0.00030
120 cm	15	0.00067	0.00118	0.00073	0.00088	0.00055	0.00048	0.00042
	16	0.00052	0.00103	0.00079	0.00094	0.00070	0.00045	0.00039

Bylaag 8.2 Hidrouliese geleiding ( $\text{cm.s}^{-1}$ ) van bewerkingsbehandelings by Kanonkop.

Behan- deling	Profielgat	0-15cm	15-30cm	30-45cm	45-60cm	60-75cm	75-90cm
Kontrole	1	0.00036	0.00158	0.00018	0.00027	0.00033	0.00027
	2	0.00039	0.00118	0.00027	0.00027	0.00036	0.00030
dol bewerking	3	0.00185	0.00267	0.00270	0.00309	0.00261	0.00139
	4	0.00191	0.00261	0.00261	0.00288	0.00258	0.00142
"soilmix" bewerking	5	0.00224	0.00276	0.00215	0.00297	0.00282	0.00145
	6	0.00209	0.00258	0.00227	0.00285	0.00279	0.00142